Aus der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik I
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. E. Körber
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

Zugfestigkeit temporärer Befestigungsmaterialien in Abhängigkeit von der Lagerungsart und der Lagerungszeit

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
ELKE VIETOR
aus Langen/Kr. Offenbach

1984

Aus der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik I
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. E. Körber
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

Zugfestigkeit temporärer Befestigungsmaterialien in Abhängigkeit von der Lagerungsart und der Lagerungszeit

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
ELKE VIETOR
aus Langen/Kr. Offenbach

1984

Dekan: Professor Dr. D. Plester
1. Berichterstatter: Professor Dr. E. Körber
2. Berichterstatter: Professor Dr. H. Weber

Druck: Zeeb-Druck, Tübingen 7 (Hagelloch)

In Dankbarkeit

meinen Eltern
gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	EINLEITUNG	1
1.1.	Problemstellung	2
2.	LITERATURÜBERSICHT	3
3.	MATERIAL UND METHODE	8
3.1.	Materialien	8
3.2.	Prüfkörper	9
3.2.1.	Versuchsreihe I: Formähnliche Prüfkörper	9
3.2.2.	Versuchsreihe II: Strukturähnliche Prüfkörper	10
3.3.	Verarbeitung der Materialien	12
3.4.	Lagerung der Prüfkörper	12
3.5.	Beschreibung der Zugprüfmaschine	13
3.6.	Versuchsdurchführung	13
4.	ERGEBNISSE	17
4.1.	Lagerung der Versuchskörper in Aqua destillata	17
4.1.1.	Versuche: 1 Stunde Lagerungszeit	17
4.1.2.	Versuche: 1 Tag Lagerungszeit	18
4.1.3.	Versuche: 1 Woche Lagerungszeit	18
4.1.4.	Versuche: 4 Wochen Lagerungszeit	19
4.1.5.	Wertung	19
4.2.	Lagerung der Versuchskörper in künstlich hergestelltem Speichel	24
4.2.1.	Versuche: 1 Stunde Lagerungszeit	24
4.2.2.	Versuche: 1 Tag Lagerungszeit	25
4.2.3.	Versuche: 1 Woche Lagerungszeit	25
4.2.4.	Versuche: 4 Wochen Lagerungszeit	26
4.2.5.	Wertung	26
4.3.	Vergleich zwischen den Lagerungsarten der geprüften Materialien	31

Seite

4.3.1.	Zinkoxid-Eugenol	31
4.3.2.	Temp bond ohne Modifier	31
4.3.3.	Varibond	32
4.3.4.	Scutabond	32
4.3.5.	Opotow und Temp bond mit Modifier	32
5.	DISKUSSION DER ERGEBNISSE	39
5.1.	Ergebnisse und Literatur	39
5.2.	Klinische Bedeutung der Untersuchung	43
6.	ZUSAMMENFASSUNG	46
7.	LITERATURVERZEICHNIS	48
8.	ANHANG	50

DANKSAGUNG

LEBENSLAUF

1. EINLEITUNG

Bestandteil konservierender und prothetischer Therapie muß es sein, beschliffene Zähne, die festsitzenden Zahnersatz tragen sollen, zwischenzeitlich mit provisorischen Kronen oder Brücken zu versorgen. Somit wird eine Schädigung des vitalen Zahnes sowie eine Veränderung innerhalb der Zahnreihe verhindert.
Für diese temporäre Versorgung von Zahnstümpfen werden verschiedene Methoden in der zahnärztlichen Praxis angewendet. So die direkte oder indirekte provisorische Versorgung mit Kunststoffkronen und -brücken, die Anwendung vorgefertigter Zinnhülsen, Frasacokronen und Metallkronen. Für die Verankerung dieser Kronen auf dem Zahnstumpf werden provisorische Befestigungszemente verwendet.

Durch die Zunahme prothetischer Versorgungen in den letzten Jahren und die Erkenntnis, daß auch definitive Kronen- oder Brückenarbeiten für kurze Zeit temporär im Munde des Patienten eingesetzt werden sollten, sind die Anforderungen an provisorische Befestigungsmaterialien gestiegen. Aber auch das Einsatzgebiet hat sich gewandelt, wodurch unterschiedliche Eigenschaften von diesen Materialien erwartet werden.
So wären exakt sitzende Kronen- und Brückenarbeiten, die zum Probetragen eingesetzt wurden, bei Verwendung eines zu harten und stark haftenden provisorischen Befestigungszementes nicht mehr zu entfernen. Diese Erfahrungen legen es nahe, die Haftfestigkeit temporärer Befestigungsmaterialien in Abhängigkeit von der Lagerungszeit zu untersuchen, um somit Rückschlüsse für die Praxis ziehen zu können. Das Einsatzgebiet unterschiedlicher provisorischer Befestigungsmaterialien könnte somit genauer umschrieben werden als es bisher möglich war.

1.1. Problemstellung

Aus der Literatur ist bekannt, daß unterschiedliche Befestigungsmaterialien auch unterschiedliche Werkstoffeigenschaften besitzen.
Diese Versuche wurden aber immer unter standardisierten Laborbedingungen durchgeführt. Sie lassen somit nur bedingt Schlüsse auf die klinische Verwendbarkeit zu.

Die Aufgabe dieser Arbeit sollte es deshalb sein, die Haftfestigkeit bzw. Zugfestigkeit provisorischer Befestigungsmaterialien unter klinikähnlichen Bedingungen zu testen.
Folgende Fragestellungen sollten mit dieser Untersuchung abgeklärt werden:

1. Ändert sich die Zugfestigkeit der provisorischen Befestigungsmaterialien während der Lagerungszeit?

2. Ist die an stilisierten Stümpfen erzielte Zugfestigkeit zurückzuführen auf reine Haftmechanismen des provisorischen Befestigungsmaterials oder auf andere Einflüsse wie Passung, Verkeilung usw.?

3. Zeigen sich bei den ermittelten Zugfestigkeitswerten Abhängigkeiten von der Form der Versuchskörper (mechanische Retention)?

4. Inwieweit beeinflußt die Lagerungsart, also eine Lagerung der Prüfkörper in Aqua destillata und in künstlich hergestelltem Speichel die Zugfestigkeit temporärer Befestigungsmaterialien?

2. LITERATURÜBERSICHT

Die provisorische Befestigung von temporären Kronen und Brücken gehört in der zahnärztlichen Praxis zur täglichen Routine.
In wissenschaftlichen Veröffentlichungen findet man nur geringe Hinweise über die Werkstoffeigenschaften der verwendeten Materialien, ihre biologische Verträglichkeit sowie zur Verarbeitung am Patienten. Auch über die Indikationsstellung der verschiedenen Materialien, die auf dem Dentalmarkt angeboten werden, sind kaum Hinweise zu erhalten.

In Deutschland beschäftigte sich SCHWICKERATH (11) 1978 mit den Werkstoffeigenschaften verschiedener provisorischer Befestigungszemente und stellte gewisse Indikationen für ihre Anwendung auf.
Er verwies auf die Zusammenhänge von Konvergenzwinkel der Stumpfpräparation und Rauhigkeit der Kroneninnenfläche und des Zahnstumpfes als wichtigem Parameter für die Höhe der Abzugskraft, wobei der Einfluß des Mundmilieus (Feuchtigkeit und Temperatur) berücksichtigt werden muß.
Zusammenfassend ist nach seinen Untersuchungen festzustellen, daß die Haftung von der "inneren Festigkeit" der Materialien bestimmt wird, d.h. von der Trennung des Materials an den rauhen untersichgehenden Stellen. Die Zugabe von Modifier zu den Grundkomponenten des Werkstoffes führt zu einer geringeren Haftung. Auffallend ist, daß die Haftung der Materialien an Dentin bei Lagerung in Wasser mit zunehmender Zeit nachläßt, an Metall zunimmt und an Kunststoff indifferent wird. Eine Testung mit künstlichem Speichel führte SCHWICKERATH nicht durch.

In klinischen Untersuchungen an Dentalzementen haben GILSON und MYERS (5,6,7) in den USA 1968 mehrere Versuchsreihen mit ZNO-Zementen zum temporären Befestigen

provisorischer Kronen sowie definitiver Versorgungen durchgeführt. Sie stellen folgende Forderungen an provisorische Befestigungsmaterialien auf:
leichte Verarbeitbarkeit, guter Kronenhalt, leichte Entfernbarkeit der Kronen sowie des Zementes von Krone und Stumpf, keine Geschmacks- und Farbveränderungen.

Die provisorischen Befestigungszemente zeigten im Prüfversuch eine Druckfestigkeit von 1,38 - 55,58 N/mm^2.
Das Material mit einer Druckfestigkeit von 6,89 N/mm^2 wurde in den Testreihen am meisten verwendet.
Durch diese Versuche konnte zum ersten Mal ein Zusammenhang zwischen physikalischen Eigenschaften der Zemente und unterschiedlicher prothetischer Versorgung hergestellt werden. Die Versuche ergaben, daß eine Einteilung der provisorischen Zemente nach den Druckfestigkeitswerten möglich ist; Materialien mit geringeren Druckfestigkeitswerten wiesen eine schlechtere Haftung zwischen Krone und Stumpf auf als Materialien mit höheren Druckfestigkeitswerten.
Ein hier getesteter Zement war Temp bond von Kerr mit einer Druckfestigkeit von 6,89 N/mm^2 (verringerbar durch Modifier auf 0,689 N/mm^2), ein zweiter der ZOE-Zement von SS White mit 20,68 N/mm^2; die anderen provisorischen Befestigungsmaterialien waren noch nicht auf dem Dentalmarkt zu erwerben.

Viele Autoren beschäftigen sich mit Materialtestung auf der Basis der biologischen Werkstoffkundeprüfung.
Hierunter versteht man die Testung zahnärztlicher Materialien mit verschiedenen Zellkulturmethoden sowie auch in Tierversuchen. Dies gewährleistet praxisnahe Aussagen zur Indikationsstellung zahnärztlicher Materialien.

SCHMALZ (10) kam 1981 mit seiner Untersuchung über die Gewebeverträglichkeit zahnärztlicher Materialien zu der Erkenntnis, daß Zellkulturen einen Modellcharakter haben

und nur für die anfängliche Testung sinnvolle Anwendung finden; Tierversuche können zwar dadurch reduziert, aber nicht vollständig ersetzt werden.
Diesen biologischen Methoden steht die physikalische Werkstoffprüfung gegenüber, die trotz Versuchsanordnungen in vitro eine gewisse Aussagekraft besitzt.

BRAUER (2) hat 1976 in einer Veröffentlichung die positiven Eigenschaften des ZNO-Eugenol hervorgehoben; seine Wirkung auf die Pulpa bezeichnete er als analgetisch, antiseptisch, sedativ und isolatorisch. Als Nachteil führte er die geringe Festigkeit des Materials an, wobei die chemische Zusammensetzung des Zinkoxid-Eugenols abhängig vom Verwendungsgebiet ist.
Materialien mit niederen mechanischen Eigenschaften finden Verwendung als Verschlußmittel, Zahnfleischverband, provisorische Zemente; ihre Zusammensetzung besteht aus Zinkoxid mit und ohne Harz, Weichmacher, Acceleratoren und Eugenol.
Druck- und Zugfestigkeitswerte werden durch Zugabe von Füllstoffen erhöht; die Druckfestigkeit schwankt zwischen 40 und 240 kp/cm^2.
Bei erhaltener Dentinschicht ruft Zinkoxid-Eugenol eine nur unwesentliche Pulpenreaktion hervor.

Ähnliche Aussagen machte KLÖTZER (8) 1971 , als er bei der provisorischen Versorgung präparierter Affenzähne Zinkoxid-Eugenol als negatives Vergleichsmaterial verwendete.
Er stellte nach 7 Tagen Liegedauer keine oder nur geringe Pulpenreaktionen fest, und er hielt die desinfizierende Wirkung des Nelkenöls neben der sedierenden Wirkung für besonders wichtig.

Gegensätzliche Äußerungen hierzu machte SCHMALZ (10) im Jahre 1981, als er auch bei geschlossener Dentindecke eine gewisse Gewebeunverträglichkeit des Zinkoxid-Eugenols vergleichbar mit der Toxizität des Amalgams feststellte.

Bei direktem Zellkontakt hat das Eugenol einen gewebetötenden Effekt, d.h. es führt hier zu einer irreversiblen Pulpenschädigung. Allergisierende Eigenschaften von Eugenol können nicht ausgeschlossen werden.

So haben KOCH et al. (9) in Schweden 1971 bei einem Sensibilitätstest mit Eugenol an Meerschweinchen bei 50 % allergische Reaktionen bei späteren Eugenolapplikationen festgestellt.
Aus diesen Versuchen konnte geschlossen werden, daß es bei einer Verwendung von Eugenol im zahnärztlichen Bereich zu Hautreaktionen bei sensibilisierten Tieren kommen kann. Übertragen auf die tägliche Praxis bedeutet dies, daß es bei einem durch die orale Mukosa sensibilisierten Patienten bei weiteren Eugenolanwendungen zu stärkeren Gewebereaktionen kommen könnte.

DAHL et al. (3), Schweden, haben 1976 in einer Versuchsreihe eine zytotoxische Reaktion des Zinkoxid-Eugenols in vitro festgestellt. Bei den Versuchen wurden auf Zellkulturen von Fibroblasten der Maus die Materialien ZOE-Zement, Scutan und Sevriton getestet. Hierbei konnte festgestellt werden, daß das Zellwachstum innerhalb von 48 Stunden bei Sevriton um 45 %, bei Scutan um 70 % und bei ZOE-Zement bereits nach 24 Stunden um 65 % sank. Eine abnorme Zellmorphologie konnte schon nach 4 Stunden nachgewiesen werden; hierbei handelte es sich im Besonderen um stark granulierte Partikel mit zerstörter Zellmembran bei ZOE-Zement und Scutan. Die Verfasser wiesen allerdings darauf hin, daß die in vitro Versuche nicht unbedingt in vivo zu übertragen sind.

BRÄNNSTRÖM und BILLBERG (1) untersuchten 1967 Pulpenreaktionen unter bukkalen Kavitäten mit provisorischen Füllungen und Zinkoxid-Eugenol bzw. Pharmatec (ein schwedisches Material auf CaOH-Basis). In dieser Versuchsreihe konnten Irritationen der Pulpa häufiger und umfangreicher bei Zinkoxid-Eugenol festgestellt werden.

Die unterschiedlichen Ergebnisse der oben zitierten biologischen Materialprüfungen zeigen, daß diese alleine nicht ausschlaggebend sind für die Indikationsstellung des Zinkoxid-Eugenols als temporärem Befestigungszement, sondern daß es hier auch auf die physikalischen Werkstoffeigenschaften ankommt.

In ihren Untersuchungen zur Haftfestigkeit temporärer Befestigungsmaterialien wurden von FREESMEYER und HAMBROK (4) 1979 Temp bond, Opotow, ZNO und Fletscher getestet. Die Lagerung der Prüfkörper erfolgte in einer Klimakammer. Die ermittelten Zugfestigkeitswerte lagen bei Temp bond und Fletscher am höchsten, bei ZNO geringer und bei Opotow war die Haftfestigkeit am geringsten. Auch konnte eine Abhängigkeit der Werte von Liegezeit und Kronenform festgestellt werden, d.h. die Zugfestigkeitswerte der 4 hier getesteten Materialien nahmen bis zu 8 Tagen Liegezeit ab und bei größerer mechanischer Retention (Halbkugel-Prämolar-Molar) konnten höhere Werte erzielt werden.
Die Indikation der untersuchten Materialien ergibt sich aus ihrer Haftkraft, z.B. geringe Friktion zwischen Krone und Stumpf - Material mit größerer Haftkraft, vice versa.

Die vorliegende Arbeit baut auf den Versuchen von FREESMEYER et al. (4) auf.

3. MATERIAL UND METHODE

3.1. Materialien

Aus der Palette auf dem Dentalmarkt angebotener provisorischer Befestigungsmaterialien wurden für die Untersuchung sechs Materialien ausgewählt, von denen bekannt ist, daß sie am häufigsten in der zahnärztlichen Praxis Anwendung finden:

1. Opotow
2. a) Temp bond ohne Modifier
   b) Temp bond mit Modifier
3. Scutabond
4. Zinkoxid-Eugenol
5. Varibond
6. Reocap temp

Diese Materialien weisen unterschiedliche chemische Zusammensetzung auf und repräsentieren die drei Grundarten provisorischer Befestigungsmaterialien:

a) Materialien auf Zinkoxid-Eugenolbasis
   (Opotow, Temp bond, Scutabond, ZNO)

b) Material auf Kunststoffbasis mit Zusatz
   von Benzocain (Varibond)

c) Material auf Calciumhydroxidbasis
   (Reocap temp)

3.2. Prüfkörper

Um die Haftfestigkeit der provisorischen Befestigungszemente unter klinikähnlichen Bedingungen untersuchen zu können, wurden zwei Arten von Prüfkörpern hergestellt.

3.2.1. Versuchsreihe I: Formähnliche Prüfkörper

Zur Herstellung formähnlicher Prüfkörper wurden ein natürlicher Prämolar und ein Molar nach klinischen Kriterien beschliffen und abgeformt. Durch mehrmaliges Ausgießen der Abformung wurden jeweils zehn Kunststoffstümpfe hergestellt. Diese wurden auf Kunststoffplatten befestigt und stellten somit eine Versuchsreihe dar (Abb. 1).
Für jeden Einzelstumpf wurde eine stilisierte Krone modelliert, die zur Durchführung der Zugversuche okklusal mit einem Ring versehen war. Die jedem Einzelstumpf zugeordneten stilisierten Kronen wurden in einem Gußverfahren in Phantommetall (Messing-Legierung) überführt.

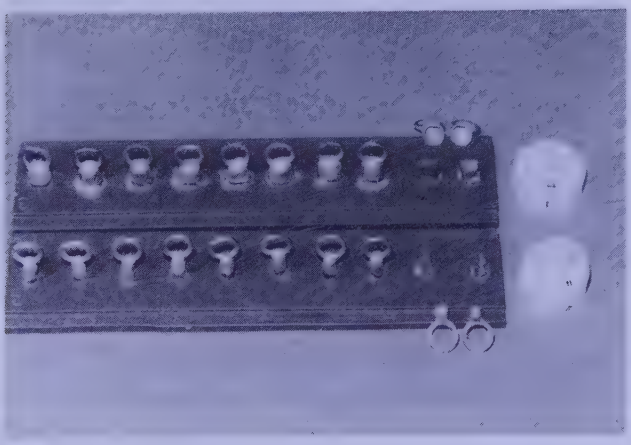

Abb. 1: Formähnliche Prüfkörper, jeweils 10 Prämolaren und 10 Molaren auf Kunststoffplatten befestigt mit stilisierten Kronen sowie den Ausgangsstümpfen

Um eine Korrosion dieser Legierung unter den Versuchsbedingungen zu vermeiden, wurden die Kronen vernickelt. Zwischen den hergestellten Kronen und den Kunststoffstümpfen bestand keine Friktion, wodurch ausschließlich das provisorische Befestigungsmaterial in den Versuchsreihen zur Haftung zwischen Krone und Stumpf führte.

Es kamen zur Anwendung:

2 x 10 Prämolaren aus Kunststoff mit Hohlkehlpräparation

2 x 10 Molaren aus Kunststoff mit Tangentialpräparation

Beide Stumpfarten wiesen einen Präparationswinkel von 8 - 10° auf.

3.2.2. Versuchsreihe II: Strukturähnliche Prüfkörper

In dieser Versuchsserie sollte die Haftung der provisorischen Befestigungsmaterialien am Dentin eines Zahnes bzw. am Kunststoff, der für provisorische Versorgungen (Kronen) verwendet wird, untersucht werden.
Hierfür wurden als strukturähnliche Prüfkörper je zehn extrahierte Prämolaren und Molaren okklusal planparallel beschliffen, bis eine gleichmäßige Dentinschicht vorhanden war. Diese Zahnstümpfe wurden auf Kunststoffplatten befestigt und stellten mit 10 Einzelstümpfen eine Versuchsserie dar (Abb. 2).
Auf die Dentinfläche wurden runde Wachsstempel mit einem Durchmesser von 5 mm aufmodelliert und mit einem Ring, zur Durchführung der Zugversuche, an der Oberseite versehen. Diese Wachsstempel wurden in einem Gußverfahren in Metall überführt.

Als Legierung kam eine korrosionsfeste Chrom-Kobalt-Molybdän-Legierung zur Anwendung.
Die hergestellten Metallstempel wurden an der Kontaktfläche zum Dentin mit Kunststoff (Scutan) beschichtet.

Es kamen zu Anwendung:

2 x 10 natürliche extrahierte Zähne.

Zwischen Zahnstumpf und stilisierter Krone bzw. Prüfstempel wurde entsprechend der Versuchsdurchführung temporäres Befestigungsmaterial unter standardisierten Bedingungen eingebracht und im Zugversuch die Haftfestigkeit bestimmt.

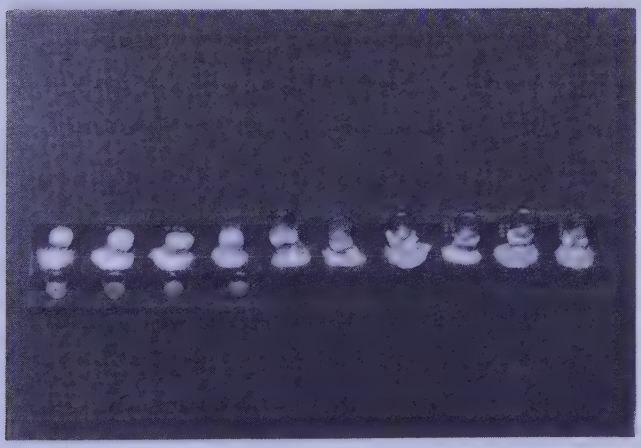

Abb. 2: Strukturähnliche Prüfkörper, 10 planparallel beschliffene extrahierte Prämolaren auf einer Kunststoffplatte befestigt mit Metallstempeln, deren Unterseite mit Scutan beschichtet ist

3.3. Verarbeitung der Materialien

Die Verarbeitung der Materialien erfolgte nach den Angaben des jeweiligen Herstellers.
Um die Anmischbedingungen (bei Materialien in Pastenform "gleiche Stranglänge") zu präzisieren, wurden die einzelnen Anteile der Materialien vor dem Anmischen nach Gewicht dosiert.
Nach der Durchmischung des provisorischen Zementes, womit eine gleichmäßige Konsistenz hergestellt war, wurde die Kroneninnenseite dünn mit einem Pinsel ausgestrichen. Die Krone bzw. der Stempel wurde dann manuell mit gleichmäßigem und gleichbleibendem Druck auf den dazugehörenden Stumpf aufgesetzt.
Nach Abbindung des Befestigungsmaterials wurden die Proben einer unterschiedlichen Lagerung unterzogen; danach erfolgte der eigentliche Zugversuch.

3.4. Lagerung der Prüfkörper

Um die Mundsituation zu simulieren, wurde die Lagerung der Prüfkörper in einer Klimakammer bei 37° C im feuchten Milieu vorgenommen.
Die Lagerungsart der Prüfkörper bis zum Zugversuch bestand zum einen in Aqua destillata, zum anderen in einem künstlich hergestellten Speichel, dessen Zusammensetzung von industriegefertigtem synthetischen Speichel übernommen wurde.
Die Lagerungszeit, vom Anmischen des Befestigungsmaterials bis zur Durchführung der Zugfestigkeitsprüfung betrug jeweils 1 Stunde, 24 Stunden, 1 Woche und 4 Wochen.
Nach Ablauf der Lagerungszeit wurden die Kunststoffplatten mit den Prüfkörpern in die Zugprüfmaschine eingespannt, und es erfolgte die Belastung bis zur Trennung zwischen Krone und Stumpf.

3.5. Beschreibung der Zugprüfmaschine

Verwendet wurde eine Zugprüfmaschine der Fa. Zwick und Co.(13) nach Din 51 220 Klasse 1 sowie Din 51 221, die zu Dehnungsversuchen in der Ledermaterialprüfung eingesetzt wird.
Sie ist ausgerüstet für weg- und trägheitsarme Kraftmessung und ist geeignet zur Bestimmung der Zugfestigkeit, Dehnung und Bruchdehnung verschiedenster Werkstoffe.
Die Antriebskraft dieser Maschine liegt zwischen 0,55 und 0,8 kW. Die Kraftübertragung erfolgt mittels Keilriemen über ein Schneckengetriebe zur Zugspindel, deren Weg pro Zeiteinheit als Prüfgeschwindigkeit in mm/min ausgedrückt wird. Die Belastungssteigerung während des Zugversuches wurde durch einen Meßkopf, der wahlweise vier Bereiche enthielt (20, 50, 100, 200 N), festgelegt.
Ein Geschwindigkeitsabfall der Prüfgeschwindigkeit bei maximaler Prüfkraft wird durch die Maschine weitgehend kompensiert, kann allerdings in Extremfällen bis ca. 5 % der jeweiligen maximalen Prüfgeschwindigkeit betragen (Abb. 3).

3.6. Versuchsdurchführung

Bei den Versuchsreihen I und II fand mittels oben beschriebener Zwick-Prüfmaschine die Trennung zwischen stilisierten Kronen und Kunststoffstümpfen bzw. plangeschliffenen extrahierten Zähnen und Metallstempeln statt.
Zur Durchführung der Versuche wurde die Zugprüfmaschine mit einer Aufnahmevorrichtung ausgestattet, in welche die Kunststoffplatten mit den zehn Prüfkörpern eingeschoben werden konnten (Abb. 4). Die Aufnahmevorrichtung wurde am beweglichen Teil der Zugmaschine befestigt. Am feststehenden Arm der Prüfmaschine wurde ein Haken eingehängt, der belastungsfrei in die vorhandenen Ringe der Prüfkörper eingeführt werden konnte (Abb. 5).

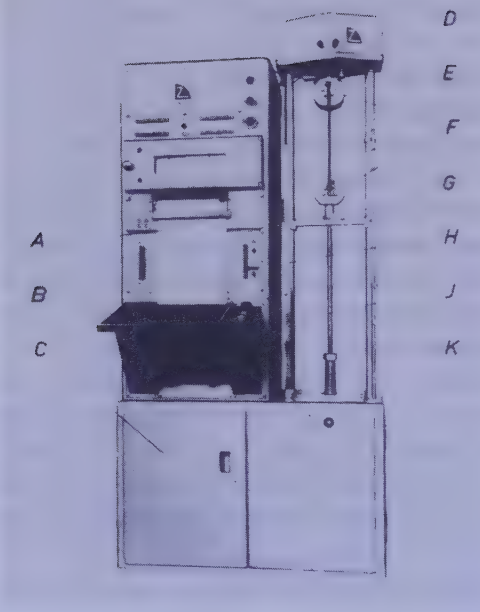

Abb. 3: Zugprüfmaschine der Firma Zwick u. Co.
mit elektronischer Kraftmessung

A = Anzeige- und Schreibgerät
B = Steuerpult (einfache Ausstattung)
C = Grundkasten mit Antrieb
D = Querhaupt mit Kraftmeßkopf
E = Spannkopfarretierung
F = Spannköpfe
G = Traverse
H = Dehnungsmaßstab
I = Zugspindel
K = Abstellstange

Danach wurde der Zugversuch gestartet und lief vollautomatisch bis zur Trennung zwischen Stumpf und Krone bzw. Stempel ab. Die Größe der aufgewendeten Kraft beim Eintritt der Trennung kann als Maß der Haftvermittlung des provisorischen Befestigungsmaterials zwischen den beiden Teilen angesehen werden.
Die Zugversuche unterlagen einer konstanten Prüfgeschwindigkeit von 100 mm/min bei gleichbleibender Belastungssteigerung von 20, 50 oder 100 N. Diese Belastungssteigerung konnte wahlweise vor dem Versuch entsprechend der Form der Prüfkörper eingestellt werden.
Zum Zeitpunkt der Trennung der Verbindung schaltete sich die Zugprüfmaschine ab.

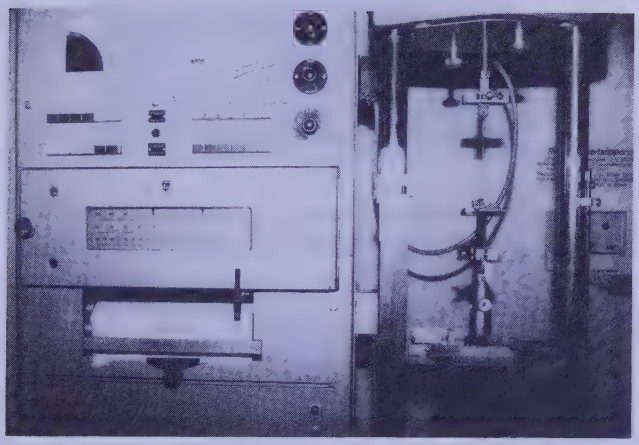

Abb. 4: Detailansicht der Zugprüfmaschine mit eingesetzten Prüfkörpern

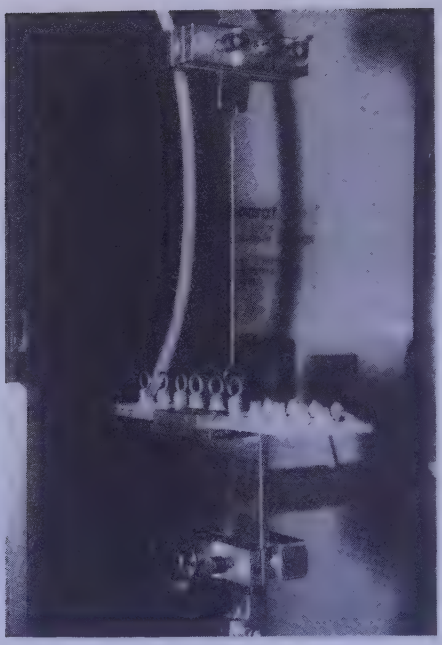

Abb. 5: Aufnahmevorrichtung für die Durchführung der Zugversuche in situ

Die zur Zeit der Trennung ermittelten Kraft konnte zum einen am Schleppzeiger, zum anderen am Schreibwerk, welches die Kraftlinien während des Versuchs aufgezeichnet hat, abgelesen werden.

Für jede Versuchsserie wurden entsprechend des verwendeten Prüfkörpers und des angewendeten provisorischen Befestigungsmaterials bei unterschiedlicher Lagerungsart zehn Einzelwerte ermittelt.
Aus diesen Einzelwerten wurden der Mittelwert und die Standardabweichung berechnet. Diese Mittelwerte wurden statistisch mit dem F - Test auf ihre Unterschiede untersucht (siehe Anhang).

4. ERGEBNISSE

4.1. Lagerung der Versuchskörper in Aqua destillata

Mit den obengenannten sechs Materialien und vier verschiedenen Lagerungszeiten wurden bei einer Lagerung in Aqua destillata 710 Einzelversuche der Versuchsreihen I und II durchgeführt.
Das Material Reocap temp konnte nur zur Zugfestigkeitsuntersuchung ohne mechanische Retention bei plangeschliffenen extrahierten Zähnen verwendet werden. Beim einmaligen Versuch mit Kunststoffstümpfen und stilisierten Kronen zeigte sich eine so hohe Zugfestigkeit, daß die Testkörper zerstört wurden.

4.1.1. Versuche: 1 Stunde Lagerungszeit

Bei einer Lagerungszeit von einer Stunde weisen die Materialien Temp bond ohne Modifier und Zinkoxid-Eugenol die höchsten Werte auf; bei beiden Materialien ist offensichtlich, daß eine Abhängigkeit von der mechanischen Retention (Oberfläche des Stumpfes) besteht, da die Zugfestigkeit bei den Molarenprüfkörpern höher liegt als bei den Prämolarenprüfkörpern. Die Zugfestigkeit der Materialien Opotow, Temp bond mit Modifier und Scutabond liegt deutlich unter der der zuvor aufgeführten Materialien. Die ermittelten Werte von Varibond sind zwischen beiden Gruppen einzuordnen.
Ist keine mechanische Retention (extrahierte Zähne mit Stempel) vorhanden, so ist die Haftung sehr gering, d.h. bei allen verwendeten Materialien liegen die Werte unter 10 N (Abb. 6).

4.1.2. Versuche: 1 Tag Lagerungszeit

Die Zugfestigkeit von Temp bond ohne Modifier und Zinkoxid-Eugenol ist auch unter diesen Bedingungen am höchsten.
Es besteht kein signifikanter Unterschied zu Varibond.
Die provisorischen Befestigungszemente Opotow, Temp bond mit Modifier und Scutabond liegen erneut deutlich unterhalb der vorher genannten drei Materialien.

Eine Aussage zugunsten der mechanischen Retention ist bei eintägiger Lagerung nicht möglich, da bei drei von sechs Materialien die Zugfestigkeit beim Prämolarenprüfkörper höher lag; bei den übrigen drei Materialien wiesen die Molarenprüfkörper höhere Werte auf.
Die Ergebnisse der Zugversuche bei extrahierten Zähnen lagen erneut unter 10 N mit Ausnahme von Reocap temp, das Werte wie bei Temp bond mit Modifier bei Prämolarenprüfkörpern erreichte(Abb. 7).

4.1.3. Versuche: 1 Woche Lagerungszeit

Bei der Lagerung von sieben Tagen liegen die Zugfestigkeiteswerte von Temp bond ohne Modifier und Zinkoxid-Eugenol an der Spitze.
Scutabond und Varibond zeigen geringere Werte.
Eine Abhängigkeit von der mechanischen Retention ist hier erneut zu erkennen.
Die Zugfestigkeit von Opotow und Temp bond mit Modifier sowie die Haftung der Materialien bei den extrahierten Zähnen als Prüfkörper ist für alle Materialien wie in den vorangegangenen Versuchen zu beurteilen, d.h. die ermittelten Werte liegen deutlich unter denen der vorgenannten Materialien (Abb. 8).

4.1.4. Versuche: 4 Wochen Lagerungszeit

Im Gegensatz zu den drei kurzen Lagerungszeiten haben sich nach vier Wochen die Zugfestigkeitswerte aller Materialien einander angenähert, d.h. es ist mit Ausnahme der Prämolarenprüfkörper bei Opotow und bei Temp bond mit Modifier kein signifikanter Unterschied mehr vorhanden (siehe Anhang, Tabelle 14, Seite 64).
Die absoluten Werte von Temp bond ohne Modifier und Zinkoxid-Eugenol haben abgenommen, während sie bei Opotow und Scutabond geringfügig zugenommen haben und bei Varibond gleichgeblieben sind.
Die reine Haftungswerte sind bei allen Materialien gleichmäßig niedrig (Abb. 9).

4.1.5. Wertung

Zusammenfassend ist zu sagen, daß bei einer Lagerung der Prüfkörper in Aqua destillata die Zugfestigkeit bis zu einem Tag bei fast allen Materialien mit Ausnahme von Zinkoxid-Eugenol zunimmt, bis zu einer Woche konstant bleibt und bis zu vier Wochen abnimmt.
Zinkoxid-Eugenol erreicht seine höchsten Werte bei einer Stunde, nimmt dann bis zu einem Tag ab und bleibt danach auf gleicher Höhe bis zu vier Wochen.

Bei allen vier Lagerungszeiten weisen die Materialien Opotow, Temp bond mit Modifier und Scutabond geringere Zugfestigkeiten auf als Temp bond ohne Modifier, Zinkoxid-Eugenol und Varibond.

Besteht keinerlei mechanische Retention (extrahierte Zähne), so ändert sich die Haftung aller getesteten Materialien während der Zeit kaum und bewegt sich ständig auf Werten unter 10 N.

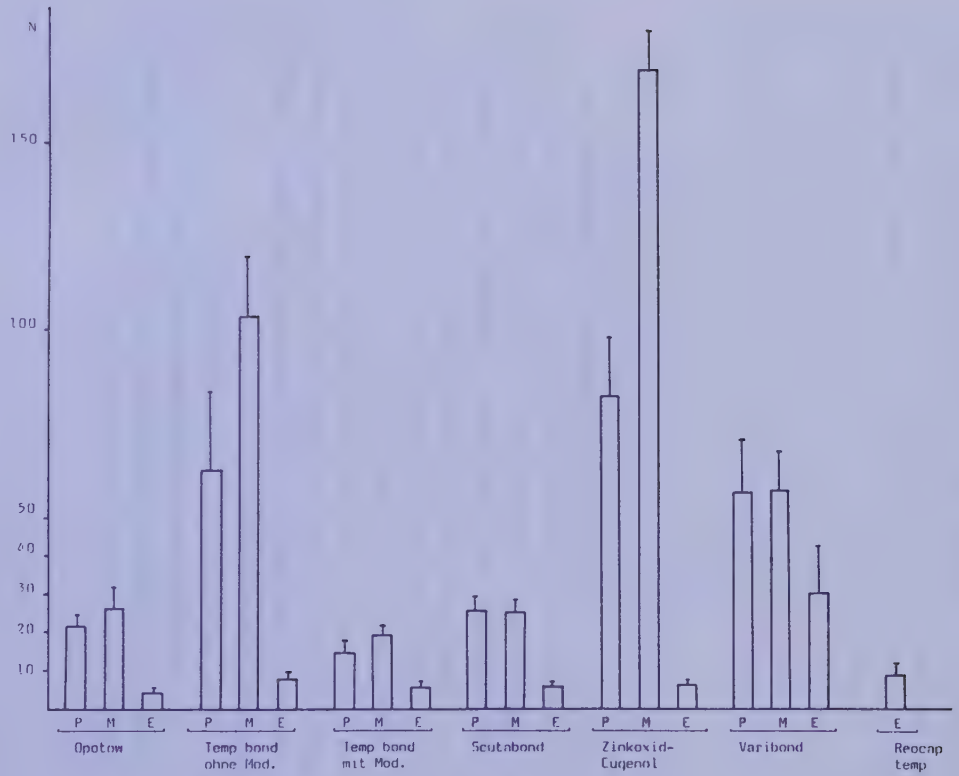

Abb. 6:

Zugfestigkeit provisorischer Befestigungsmaterialien in Abhängigkeit der Lagerung in Aqua destillata nach 1 Stunde.

Zinkoxid-Eugenol erzielt neben Temp bond ohne Modifier und Varibond die höchsten Werte.

P = Prämolarenprüfkörper
M = Molarenprüfkörper
E = plangeschliffene extrahierte Zähne

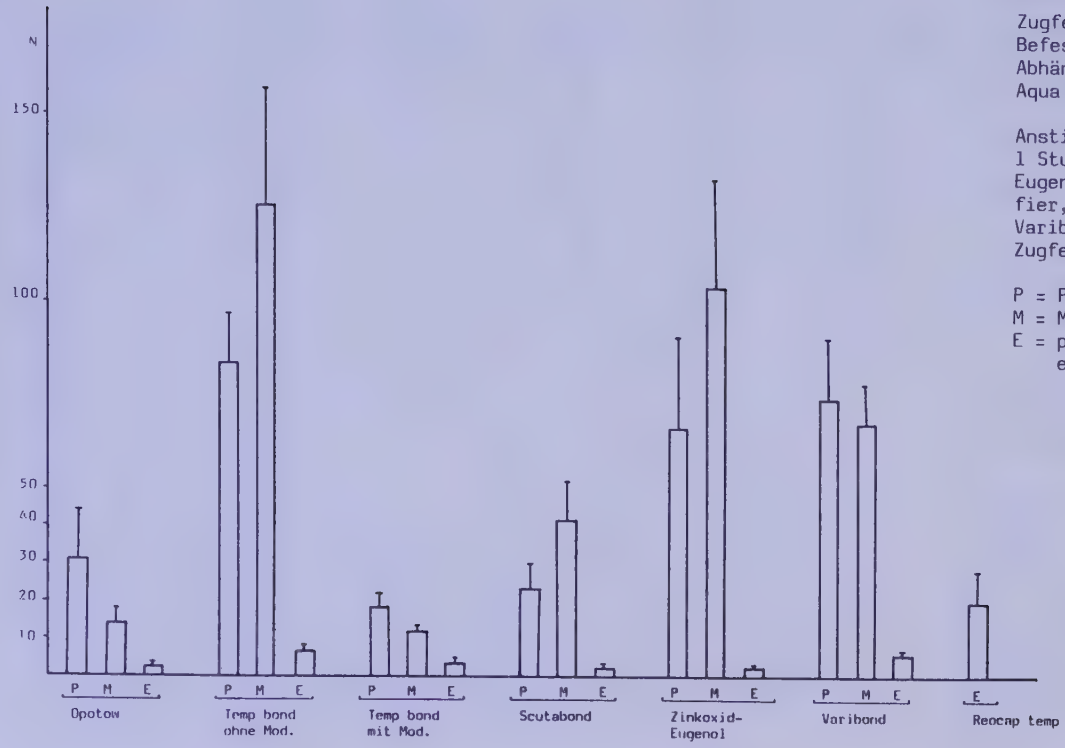

Abb. 7:

Zugfestigkeit provisorischer Befestigungsmaterialien in Abhängigkeit der Lagerung in Aqua destillata nach 1 Tag.

Anstieg aller Werte gegenüber 1 Stunde außer bei Zinkoxid-Eugenol. Temp bond ohne Modifier, Zinkoxid-Eugenol und Varibond zeigen die höchste Zugfestigkeit.

P = Prämolarenprüfkörper
M = Molarenprüfkörper
E = plangeschliffene extrahierte Zähne

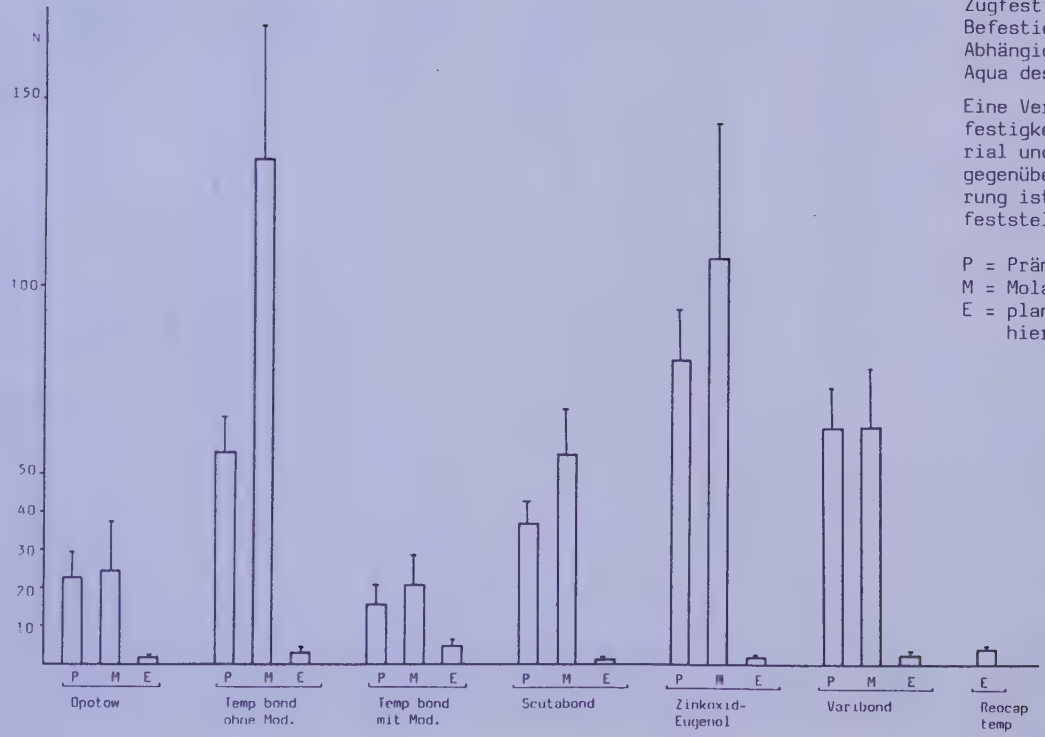

Abb. 8:

Zugfestigkeit provisorischer Befestigungsmaterialien in Abhängigkeit der Lagerung in Aqua destillata nach 1 Woche.

Eine Veränderung in der Zugfestigkeit abhängig vom Material und der Prüfkörperform gegenüber der eintägigen Lagerung ist nicht gravierend feststellbar.

P = Prämolarenprüfkörper
M = Molarenprüfkörper
E = plangeschliffene extrahierte Zähne

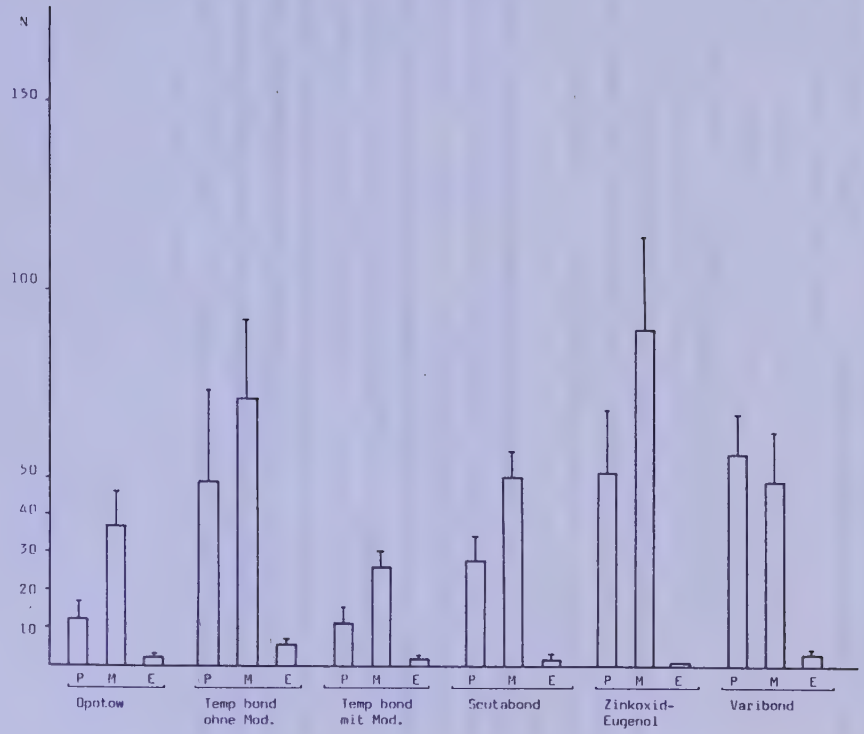

Abb. 9:

Zugfestigkeit provisorischer Befestigungsmaterialien in Abhängigkeit der Lagerung in Aqua destillata nach 4 Wochen.

Alle Zugfestigkeitswerte nehmen stark ab, zeigen aber die Abhängigkeit vom Material und der Prüfkörperform.

P = Prämolarenprüfkörper
M = Molarenprüfkörper
E = plangeschliffene extrahierte Zähne

4.2. Lagerung der Versuchskörper in künstlich hergestelltem Speichel

Entsprechend der zuvor beschriebenen Lagerung der Prüfkörper in Aqua destillata wurden Versuche unter gleichen Lagerungsbedingungen in künstlich hergestelltem Speichel durchgeführt. Hierbei wurden die Ergebnisse aus 611 Einzelversuchen der Versuchsreihen I und II ermittelt.

Es traten allerdings Probleme bei der Lagerungszeit von vier Wochen auf. Der künstliche Speichel neigte durch seine unsterile Herstellung zur Bildung eines Schimmelpilzrasens. Bei dieser Lagerungsart über vier Wochen konnten nur zwei Materialien ausgewertet werden.

4.2.1. Versuche: 1 Stunde Lagerungszeit

Bei einer Lagerungszeit von einer Stunde liegen die Materialien Zinkoxid-Eugenol und Temp bond ohne Modifier (hier besonders die Molarenprüfkörper) in ihren Zugfestigkeitswerten am höchsten.
Die Werte der Materialien Opotow, Temp bond mit Modifier, Scutabond und Varibond liegen deutlich darunter und bewegen sich ungefähr in einem Niveau.
Eine Abhängigkeit von der mechanischen Retention ist nur bei Zinkoxid-Eugenol und Temp bond ohne Modifier gegeben.

Bei der Haftungsuntersuchung aller Materialien ist bemerkenswert, daß Zinkoxid-Eugenol, Varibond und Reocap temp relativ hohe Werte bis zu 16 N erreichen, die Werte der anderen vier Materialien allerdings unter 5 N liegen (Abb. 10).

4.2.2. Versuche: 1 Tag Lagerungszeit

Innerhalb dieser Lagerungszeit wurde das Material Reocap temp auch bei Prämolaren- und Molarenprüfkörpern getestet. Seine Zugfestigkeitswerte lagen z.T. höher als die des zur Herstellung der Prüfkörper verwandten Kunststoffes, sodaß keine Trennung zwischen stilisierter Krone und Stumpf stattfand, sondern der Stumpf abgerissen wurde.

Auch bei einer Lagerung von einem Tag liegen die Zugfestigkeitswerte von Zinkoxid-Eugenol und Temp bond ohne Modifier am höchsten. Die Werte von Varibond haben gegenüber einer Stunde Lagerungszeit zugenommen, während die Werte von Temp bond mit Modifier und Scutabond gleichgeblieben sind und die von Opotow abgenommen haben.
Bei allen Materialien mit Ausnahme von Temp bond mit Modifier ist eine größere mechanische Retention (Molarenprüfkörper) ausschlaggebend für größere Zugfestigkeitswerte.
Die reine Haftung aller Materialien hat abgenommen und liegt nur bei Varibond gering über 5 N (Abb. 11).

4.2.3. Versuche: 1 Woche Lagerungszeit

Nach einer Lagerungszeit von einer Woche weist Zinkoxid-Eugenol eine unverändert hohe Zugfestigkeit auf. Die Werte von Temp bond ohne Modifier und Varibond haben sich einander angenähert, während die Werte von Opotow, Temp bond mit Modifier und Scutabond abgenommen haben.
Eine Abhängigkeit von der mechanischen Retention ist bei Temp bond ohne Modifier, Scutabond und Zinkoxid-Eugenol gegeben.
Die reinen Haftungswerte liegen bei allen Materialien deutlich unter 5 N (Abb. 12).

4.2.4. Versuche: 4 Wochen Lagerungszeit

Wie bereits oben beschrieben war es nicht möglich, die Versuche im gewohnten Rahmen durchzuführen. Es konnten nur die Materialien Opotow und Temp bond mit Modifier ausgewertet werden. Hierbei lagen die Zugfestigkeitswerte sehr niedrig (zwischen 6 und 17 N), was allerdings keine große Aussagekraft besitzt, da diese beiden Materialien über den gesamten Versuchsaufbau niedere Zugfestigkeitswerte erzielten.

Bemerkenswert ist, daß unter diesen Bedingungen keine Aussage über die Haftung möglich ist, da die Stempel schon bei der Entnahme der Prüfkörper aus dem Speichel von der Oberfläche der extrahierten Zähne herunterfielen (Abb. 13).

4.2.5. Wertung

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Zugfestigkeit der Materialien Temp bond ohne Modifier, Zinkoxid-Eugenol, Varibond und Scutabond bis zu einer Lagerungszeit von einem Tag zunimmt, während die von Temp bond mit Modifier gleich bleibt und die von Opotow absinkt.
Bis zu einer Lagerungszeit von einer Woche nehmen die Werte bei allen Materialien ab mit Ausnahme von Zinkoxid-Eugenol, das relativ hohe konstante Werte behält.
Die größte Zugfestigkeit besitzt Zinkoxid-Eugenol gefolgt von Temp bond ohne Modifier und Varibond. Das Verhältnis zwischen mechanischer Retention und Höhe der Zugfestigkeit ist nur bei den Materialien Temp bond ohne Modifier, Scutabond und Zinkoxid-Eugenol aussagekräftig.

Die Werte der reinen Haftung nehmen bei einer Lagerung in künstlichem Speichel in Abhängigkeit von der Zeit kontinuierlich ab, d.h. sie sind bei einer Woche Lagerungszeit am niedrigsten und bis zu vier Wochen besteht keine Haftung mehr.

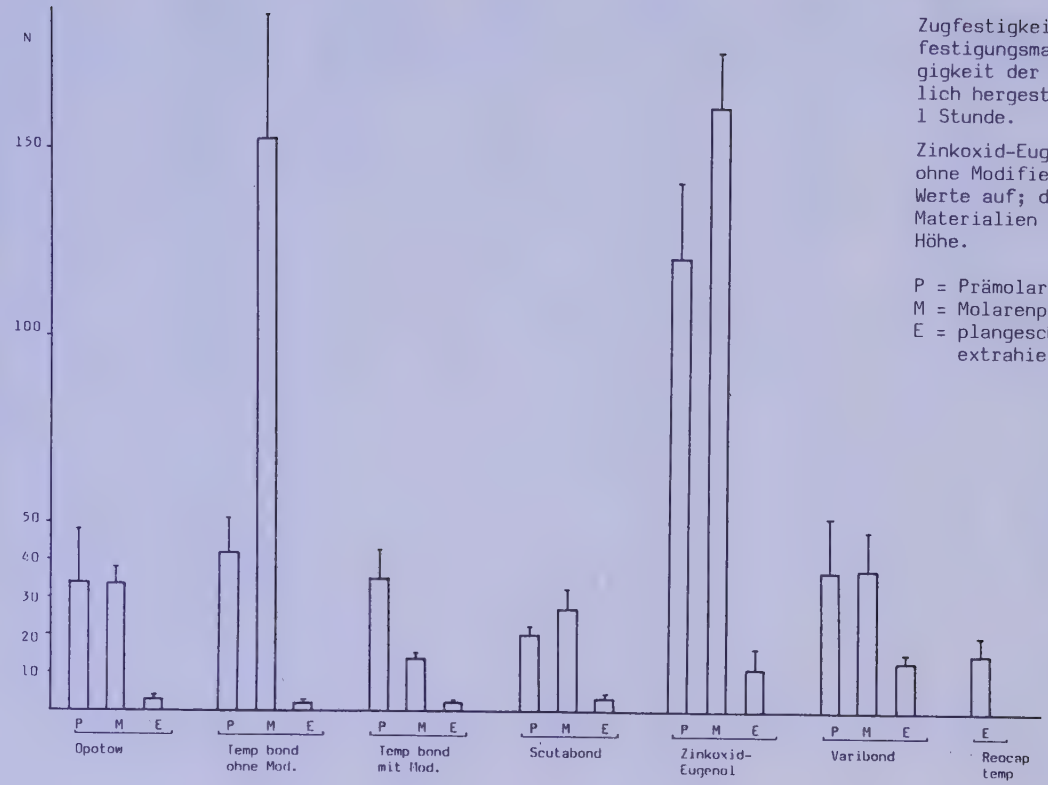

Abb. 10:

Zugfestigkeit provisorischer Befestigungsmaterialien in Abhängigkeit der Lagerung in künstlich hergestelltem Speichel nach 1 Stunde.

Zinkoxid-Eugenol und Temp bond ohne Modifier weisen die höchsten Werte auf; das Level aller übrigen Materialien liegt auf etwa gleicher Höhe.

P = Prämolarenprüfkörper
M = Molarenprüfkörper
E = plangeschliffene extrahierte Zähne

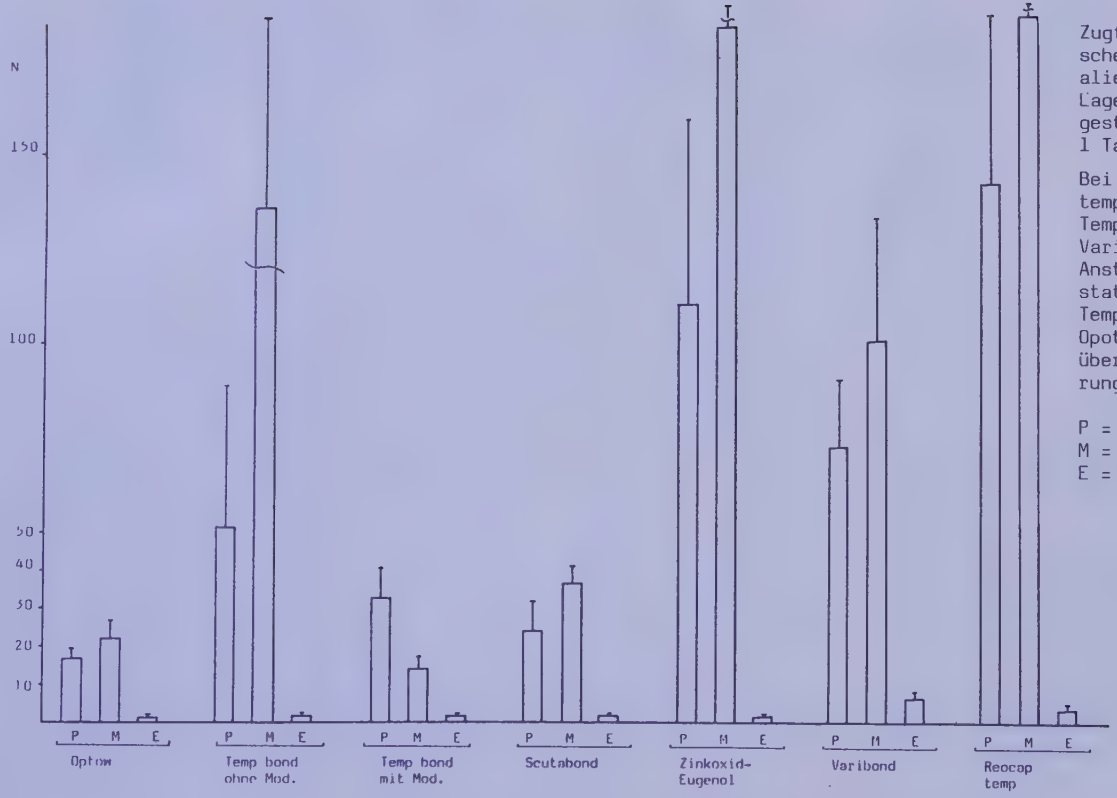

Abb. 11:

Zugfestigkeit provisorischer Befestigungsmaterialien in Abhängigkeit der Lagerung in künstlich hergestelltem Speichel nach 1 Tag.

Bei den Materialien Reocap temp, Zinkoxid-Eugenol, Temp bond ohne Modifier und Varibond fand ein starker Anstieg der Zugfestigkeit statt, während Scutabond, Temp bond mit Modifier und Opotow einen Abfall gegenüber der einstündigen Lagerung aufweisen.

P = Prämolarenprüfkörper
M = Molarenprüfkörper
E = plangeschliffene extrahierte Zähne

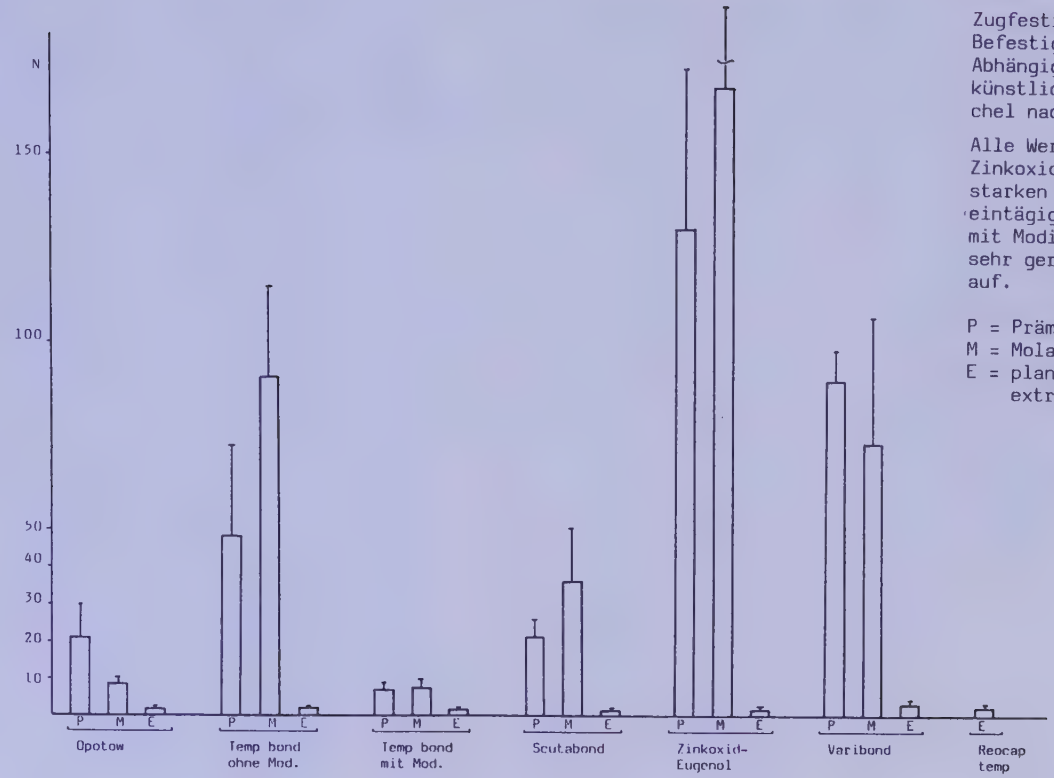

Abb. 12:

Zugfestigkeit provisorischer Befestigungsmaterialien in Abhängigkeit der Lagerung in künstlich hergestelltem Speichel nach 1 Woche.

Alle Werte außer denen von Zinkoxid-Eugenol zeigen einen starken Abfall gegenüber der eintägigen Lagerung. Temp bond mit Modifier und Opotow weisen sehr geringe Zugfestigkeiten auf.

P = Prämolarenprüfkörper
M = Molarenprüfkörper
E = plangeschliffene extrahierte Zähne

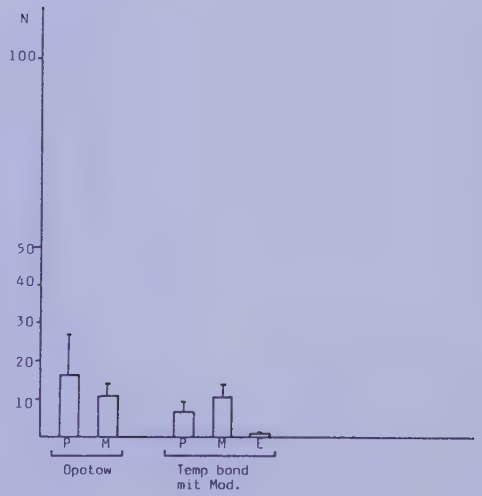

Abb. 13:

Zugfestigkeit provisorischer Befestigungsmaterialien in Abhängigkeit der Lagerung in künstlich hergestelltem Speichel nach 4 Wochen.

Die beiden ausgewerteten Materialien haben eine geringe Zugfestigkeit (siehe S. 27).

P = Prämolarenprüfkörper
M = Molarenprüfkörper
E = plangeschliffene extrahierte Zähne

4.3. Vergleich zwischen den Lagerungsarten der geprüften Materialien

Die einzelnen bei diesem Versuchsaufbau verwendeten Materialien zeigen, jedes für sich genommen, keine deutlichen Unterschiede zwischen einer Lagerung in Aqua destillata und künstlich hergestelltem Speichel.

4.3.1. Zinkoxid-Eugenol

Zinkoxid-Eugenol weist die höchsten Werte aller Zugfestigkeitsversuche auf.
Seine höchste Zugfestigkeit besitzt es bei einstündiger Lagerung, sowohl in Aqua destillata als auch in künstlichem Speichel. Sie nimmt bei Lagerung in Aqua destillata bis zu einem Tag ab und bleibt dann bis zu vier Wochen konstant. Bei einer Lagerung in künstlichem Speichel ist keine Abnahme der Werte feststellbar.
Die Zugfestigkeit steht bei Zinkoxid-Eugenol in eindeutiger Abhängigkeit von der mechanischen Retention (Abb. 14).

4.3.2. Temp bond ohne Modifier

Temp bond ohne Modifier weist hohe Zugfestigkeitswerte auf, die bis zu vier Wochen hin abnehmen. Bei den Kurzzeitversuchen gibt die Lagerung in künstlichem Speichel höhere Werte, was sich bis zu einer Lagerungszeit von einer Woche ändert. Auch bei diesem Material ist die größere mechanische Retention für höhere Zugfestigkeitswerte ausschlaggebend (Abb. 15).

4.3.3. Varibond

Varibond zeigt unabhängig von der Größe des Stumpfes (mechanische Retention) und der Lagerungsart eine gleichmäßige gute Haftung.
Seine größten Zugfestigkeitswerte, die aber nur minimal das Gesamtniveau dieses Materials überragen, erzielt es nach einem Tag bei Lagerung in Aqua destillata und in künstlichem Speichel.

Die Untersuchung der reinen Haftung (extrahierte Zähne) weist interessanterweise bei diesem Material die höchsten Werte auf, die allerdings kontinuierlich bis zur vier Wochen Lagerung abnehmen (Abb. 16).

4.3.4. Scutabond

Es besteht kein Unterschied in der Zugfestigkeit von Scutabond zwischen einer Lagerung der Prüfkörper in Aqua destillata oder in künstlichem Speichel.
Alle ermittelten Werte liegen zwischen 20 und 50 N, und es ist eine Abhängigkeit von der mechanischen Retention (Größe des Stumpfes) erkennbar (Abb. 17).

4.3.5. Opotow und Temp bond mit Modifier

Diese beiden Materialien weisen die niedrigsten Zugfestigkeiten auf, wobei Opotow geringfügig höher liegt als Temp bond mit Modifier.
Die Werte für beide Materialien sind sehr schwankend und es ist keine Signifikanz zwischen einer Lagerung in Aqua destillata und künstlichem Speichel erkennbar (siehe Anhang, Tab. 5 - 16). Ebenfalls besteht keine Abhängigkeit der Werte von der mechanischen Retention (Abb. 18 und 19).

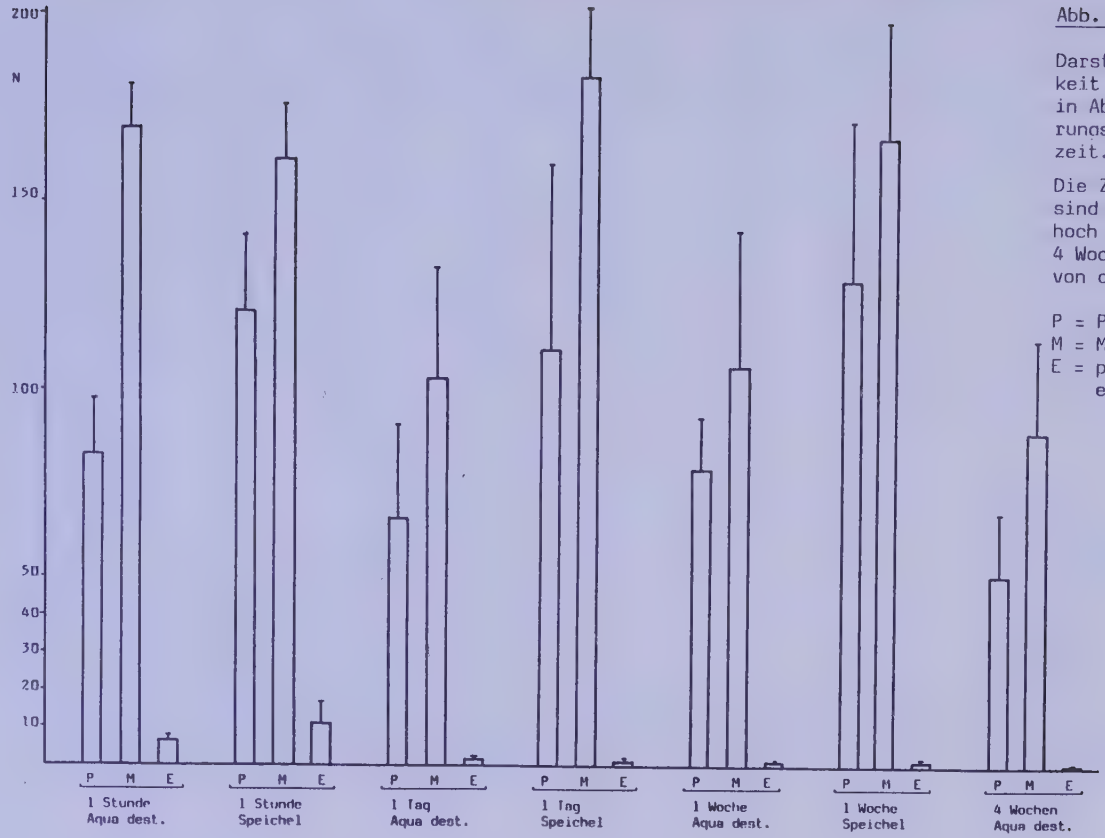

Abb. 14:

Darstellung der Zugfestigkeit von Zinkoxid-Eugenol in Abhängigkeit der Lagerungsart und der Lagerungszeit.

Die Zugfestigkeitswerte sind bis zu 1 Woche sehr hoch und nehmen bis zu 4 Wochen in Abhängigkeit von der Prüfkörperform ab.

P = Prämolarenprüfkörper
M = Molarenprüfkörper
E = plangeschliffene extrahierte Zähne

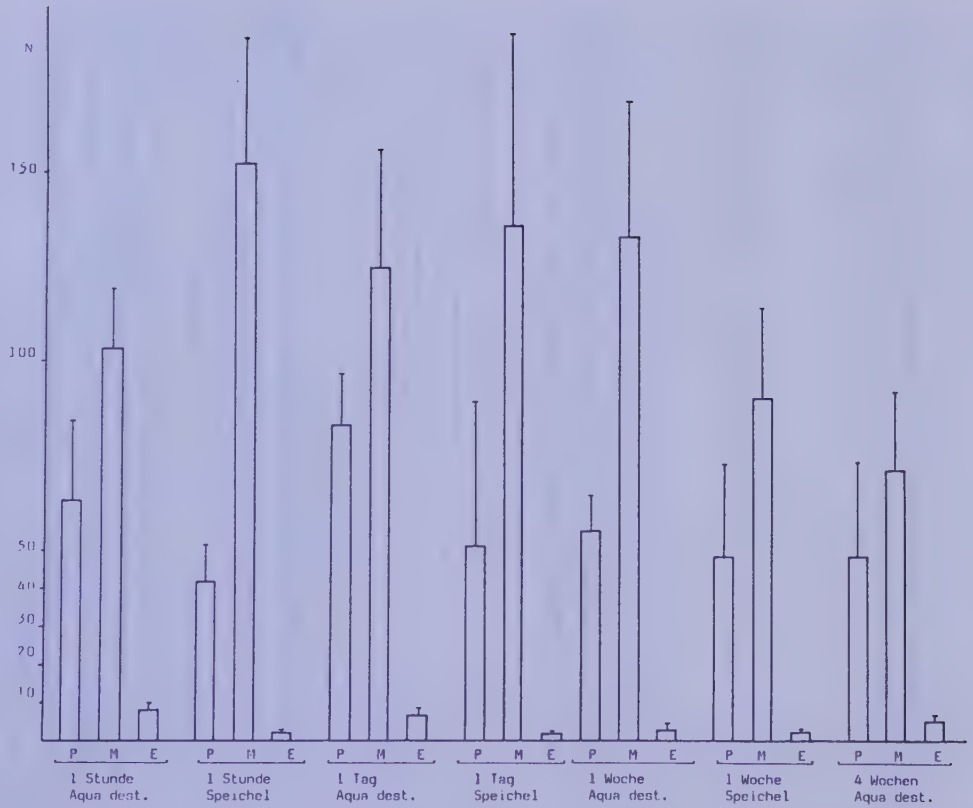

Abb. 15:

Darstellung der Zugfestigkeit von Temp bond ohne Modifier in Abhängigkeit der Lagerungsart und der Lagerungszeit.

Die Werte nehmen bis zu 4 Wochen ab; es besteht eine Abhängigkeit von der mechanischen Retention.

P = Prämolarenprüfkörper
M = Molarenprüfkörper
E = plangeschliffene extrahierte Zähne

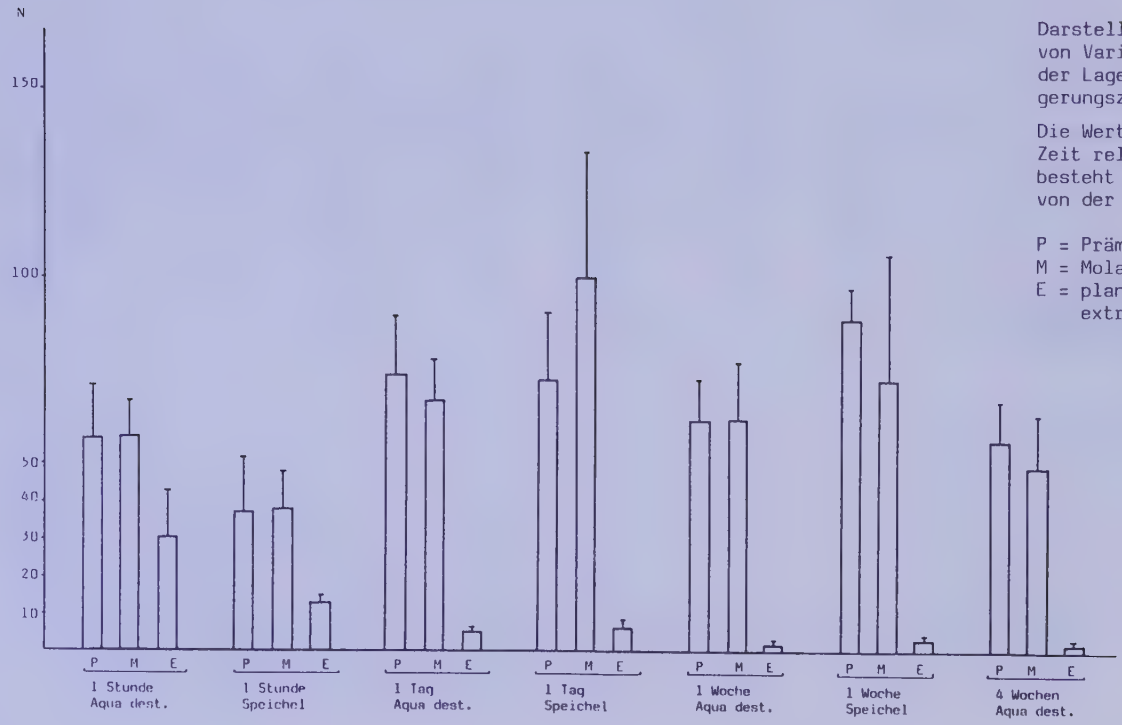

Abb. 16:

Darstellung der Zugfestigkeit von Varibond in Abhängigkeit der Lagerungsart und der Lagerungszeit.

Die Werte bleiben über die Zeit relativ konstant. Es besteht keine Abhängigkeit von der Prüfkörperform.

P = Prämolarenprüfkörper
M = Molarenprüfkörper
E = plangeschliffene extrahierte Zähne

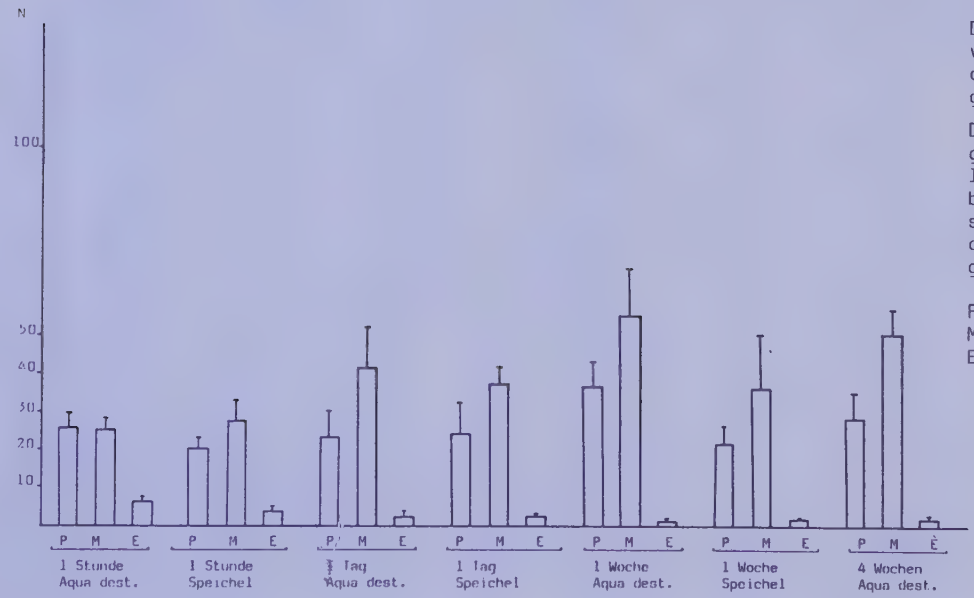

Abb. 17:

Darstellung der Zugfestigkeit von Scutabond in Abhängigkeit der Lagerungsart und der Lagerungszeit.

Die Zugfestigkeitswerte sind geringer als bei den Materialien der Abb. 14 bis 16. Es besteht kein Unterschied zwischen der Lagerung in Aqua destillata und künstlich hergestelltem Speichel.

P = Prämolarenprüfkörper
M = Molarenprüfkörper
E = plangeschliffene extrahierte Zähne

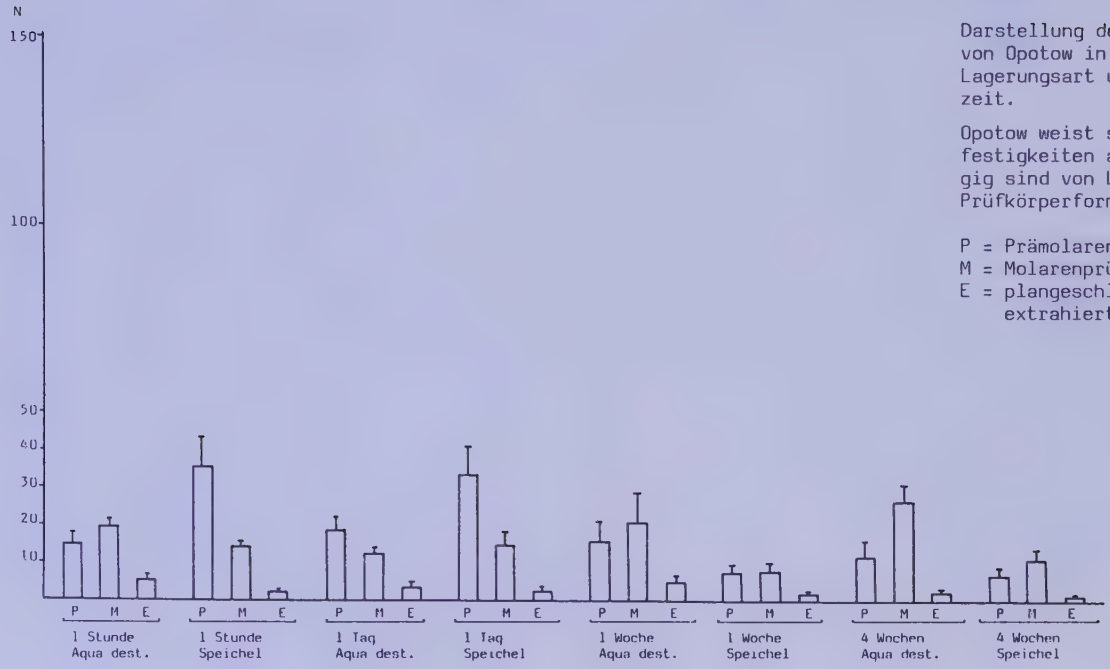

Abb. 18:

Darstellung der Zugfestigkeit von Opotow in Abhängigkeit der Lagerungsart und der Lagerungszeit.

Opotow weist sehr geringe Zugfestigkeiten auf, die unabhängig sind von Lagerungsart und Prüfkörperform.

P = Prämolarenprüfkörper
M = Molarenprüfkörper
E = plangeschliffene extrahierte Zähne

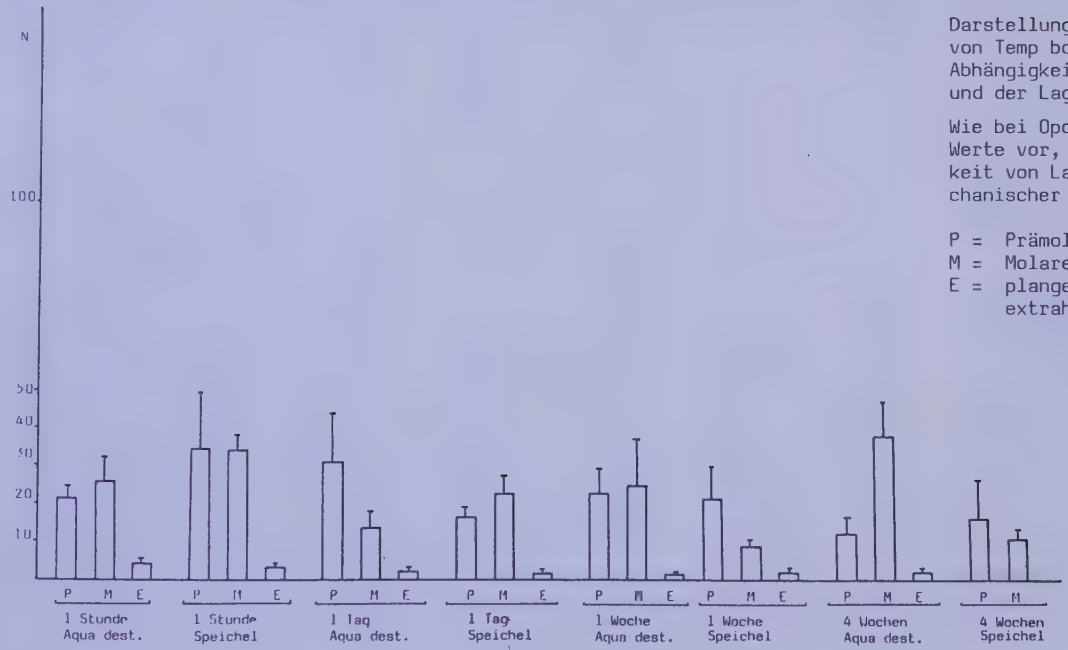

Abb. 19:

Darstellung der Zugfestigkeit von Temp bond mit Modifier in Abhängigkeit der Lagerungsart und der Lagerungszeit.

Wie bei Opotow liegen geringe Werte vor, die keine Abhängigkeit von Lagerungsart oder mechanischer Retention zeigen.

P = Prämolarenprüfkörper
M = Molarenprüfkörper
E = plangeschliffene extrahierte Zähne

5. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Die Zugfestigkeiten der in dieser Untersuchung getesteten provisorischen Befestigungszemente zeigen die erwarteten Ergebnisse.
Bei allen sechs Materialien ist kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten der Lagerung der Prüfkörper in Aqua destillata bzw. in künstlich hergestelltem Speichel feststellbar.
Die Tatsache, daß die Lagerung der Prüfkörper über vier Wochen in künstlichem Speichel nicht untersuchbar war, ist auf die Versuchsbedingungen (unsterile Herstellung und bakterielle Zersetzung des künstlichen Speichels) und nicht auf die Eigenschaften der getesteten Materialien zurückzuführen.

5.1. Ergebnisse und Literatur

Aufbauend auf den Versuchen von FREESMEYER et al. (4) kann nach der hier vorliegenden Untersuchung folgendes festgestellt werden:

1. Die Zugfestigkeit ist abhängig von der Lagerungszeit.

2. Die Zugfestigkeit ist nicht auf reine Haftmechanismen sondern auf Einflüsse wie Oberflächengröße und -rauhigkeit, Passung, Verkeilung etc. zurückzuführen.

3. Bei einigen Materialien ist eine deutliche Abhängigkeit von der mechanischen Retention (Form der Versuchskörper) vorhanden.

4. Es besteht ein Unterschied in den Zugfestigkeitswerten bei einer Lagerung der Prüfkörper in trockenem bzw. feuchtem Milieu.

ad 1:

FREESMEYER et al. (4) stellten in ihrer Untersuchung fest, daß die Materialien Temp bond ohne Modifier, Zinkoxid-Eugenol und Opotow bei einer Lagerung von einem Tag die höchsten Zugfestigkeiten erzielten und die Werte bis zu acht Tagen abnahmen; diese Ergebnisse wurden im trockenen Milieu erzielt.

Bei einer Lagerung der Prüfkörper im feuchten Milieu kommt man zu den gleichen Schlußfolgerungen, erweitert dahingehend, daß eine größere Abnahme der Zugfestigkeitswerte bis zu vier Wochen feststellbar ist und daß dies auf alle in dieser Untersuchung getesteten Materialien zutrifft.

ad 2:

Einflüsse wie Oberflächengröße und -rauhigkeit, Passung, Verkeilung etc. erhöhen die Zugfestigkeitswerte der Materialien. Dies wird durch die Versuchsanordnung mit plangeschliffenen extrahierten Zähnen und kleinen Metallstempeln bewiesen.
Die hiermit getestete reine Haftung zeigt Werte von unter 10 N mit wenigen Ausnahmen, während bei Kunststoffstümpfen mit stilisierten Kronen die Zugfestigkeit im Einzelversuch über 150 N ansteigen kann.

ad 3:

Eine Abhängigkeit von der mechanischen Retention ist laut FREESMEYER et al. (4) für alle von ihm untersuchten Materialien vorhanden.
Bei den hier getesteten provisorischen Befestigungszementen ist eine eindeutige Beziehung zwischen mechanischer Retention und Höhe der Zugfestigkeitswerte nur bei den Materialien Temp bond ohne Modifier, Zinkoxid-Eugenol und Scutabond zu finden.
Die Materialien Opotow, Temp bond mit Modifier und Varibond wiesen häufig für Prämolaren- und Molarenprüfkörper gleiche Werte bzw. Werte im umgekehrten Verhältnis auf. Dies zeigt eine geringere Abhängigkeit von der Oberflächengröße sowie von der Friktion der Krone.
Zudem weisen Opotow und Temp bond mit Modifier bei allen Versuchen die geringsten Zugfestigkeiten auf, sodaß die Haftung dieser beiden Materialien generell als schwächer bezeichnet werden kann.

ad 4:

Die in der hier vorliegenden Untersuchung ermittelten Ergebnisse bei einer Lagerung der Prüfkörper in feuchtem Milieu sind nicht auf die von FREESMEYER et al. (4) beschriebenen Zugfestigkeitswerte der Materialien bei einer Lagerung der Testkörper in trockenem Milieu übertragbar.

Bei den Versuchen von FREESMEYER et al. (4) weist Temp bond ohne Modifier bei allen Lagerungszeiten die höchsten Werte auf, während Zinkoxid-Eugenol mit ähnlich hohen Zugestigkeiten wie Opotow deutlich darunter liegt.

In den von mir durchgeführten Versuchen liegt Zinkoxid-Eugenol bei allen Lagerungszeiten an der Spitze der Werte gefolgt von Temp bond ohne Modifier und Varibond.
Will man eine Rangfolge der Materialien angeben, so ist

nun ein deutlicher Absatz vorhanden. Bei den Materialien mit niederen Zugfestigkeitswerten liegt Scutabond an der Spitze gefolgt von Opotow und Temp bond mit Modifier.

Auch SCHWICKERATH (11) stellte in seinen Untersuchungen fest, daß bei Zugabe von Modifier zu den Grundkomponenten eine geringere Haftung auftrat; außerdem verwies er darauf, daß eine höhere mechanische Retention auch eine höhere Abzugskraft benötige, was mit der hier vorliegenden Arbeit für einige Materialien bestätigt werden konnte.

Die von GILSON und MYERS (5,6,7) beschriebenen Zusammenhänge zwischen physikalischen Eigenschaften (Druckfestigkeit) und dem klinischen Verhalten (Haftung zwischen Krone und Stumpf) von Materialien auf Zinkoxid-Eugenol-Basis werden von SCHWICKERATH (11) in der Form bestätigt, daß die Haftung der Materialien von ihrer "inneren Festigkeit" bestimmt wird. Diese "innere Festigkeit" steht im direkten Zusammenhang mit der Größe der mechanischen Retention.
Man kann, wie bereits oben beschrieben, erwarten, daß eine Trennung zwischen Krone und Stumpf bei größerer mechanischer Retention auch größere Zugkräfte verlangt und somit höhere Zugfestigkeitswerte erreicht werden können.
Werkstoffkundlich kann hierzu die von SCHWICKERARTH (11) erwähnte Definition von Festigkeit und Haftung herangezogen werden:

"Festigkeit ist der Widerstand der Moleküle eines Werkstoffs gegen ihre durch äußere Kräfte bedingten Verschiebungen" und

"Haftung (= Verbundfestigkeit): die Größe der Haftung kann durch den Wert der Beanspruchung ausgedrückt werden, der die Verbindungsstelle bis zur Trennung ausgesetzt werden kann".

5.2. Klinische Bedeutung der Untersuchung

Wie von den vorher zitierten Autoren zum Teil angedeutet, soll nun versucht werden, den in dieser Untersuchung gewonnenen Ergebnissen eine klinische Relevanz zu geben.
Es konnte klar herausgestellt werden, daß einzelne Materialien konsequent hohe Zugfestigkeitswerte erzielten, andere sich auf einem mittleren Level bewegten und die dritte Gruppe ständig sehr niedere Zugfestigkeiten aufwies.

Die Anwendung von provisorischen Befestigungszementen liegt zum einen im Befestigen provisorischer Kronen und Brücken und zum anderen im Einsetzen definitiver prothetischer Arbeiten zum Probetragen.
Geht man nun von der Überlegung aus, daß eine zumeist aus Kunststoff hergestellte provisorische Krone oder Brücke keine allzugroße Friktion am beschliffenen Zahnstumpf aufweist, so sollte es in diesem Falle indiziert sein, ein Material mit höheren Zugfestigkeitswerten zum Befestigen dieses Provisoriums zu verwenden.
Setzt man allerdings eine z.B. größere Brücke zum Probetragen ein, so muß man, um diese nach einer angemessenen Zeit wieder entfernen zu können, ein Material mit einer niederen Zugfestigkeit wählen.

Auf diese Feststellungen zurückgreifend kann gesagt werden, daß die Materialien Zinkoxid-Eugenol, Temp bond ohne Modifier, Varibond und Reocap temp aufgrund der Höhe ihrer Zugfestigkeitswerte nur geeignet sind, um Restaurationen mit geringer Friktion am präparierten Stumpf zu befestigen.
Im Gegensatz dazu kann eine Verwendung der Materialien Opotow, Temp bond mit Modifier und Scutabond bei Kronen und Brücken mit großer Friktion, unabhängig von Größe und Form des Stumpfes speziell bei Opotow und Temp bond mit Modifier, als sinnvoll bezeichnet werden.

Beim provisorischen Einsetzen definitiv prothetischer Arbeiten muß bedacht werden, daß eine Nichtentfernbarkeit des Gußobjektes nach einer bestimmten Tragedauer keine Gewähr dafür bietet, die Krone oder Brücke als einzementiert zu betrachten.

Wie die Untersuchung bei einer Lagerung in künstlichem Speichel zeigt, ist nach längerer Liegedauer mit einer bakteriellen Zersetzung der provisorischen Befestigungszemente zu rechnen (Mißlingen der vier-Wochen-Versuche), d.h. es kann zu Randspaltbildungen im Sinne der Zementauswaschung und damit verbunden zur Lockerung der Krone bzw. Brücke kommen. Auch kann im Randbereich des Gußobjektes die Gefahr der bakteriellen Anhäufung und somit der Kariesentwicklung entstehen.

Als interessanter Aspekt sollte in diesem Zusammenhang noch die Säuberung von Kronen und Stümpfen nach Verwendung der einzelnen provisorischen Befestigungszemente sowie die Dosierung der hier getesteten Materialien angesprochen werden.
Die Materialien Temp bond ohne Modifier, Scutabond und Opotow lassen sich am besten wieder von Krone und Stumpf entfernen; ihre Oberfläche ist glatt, und sie sind in großen Stücken absprengbar. Varibond ist ebenfalls recht gut entfernbar. Bei Zinkoxid-Eugenol und Temp bond mit Modifier bringt die Reinigung von Kronen und Stümpfen Probleme, da diese Materialien zähklebrig sind und eine mühsame Entfernung durch Lösungsmittel erfolgen muß.

Die meisten der getesteten Materialien waren Präparate in Pastenform, nur Zinkoxid-Eugenol wurde aus Pulver und Flüssigkeit angerührt. Bei den Pastenpräparaten war die Dosierung immer mit "gleicher Stranglänge" vom Hersteller angegeben. Wenn allerdings beide Grundkomponenten eines Materials unterschiedliche Konsistenz aufweisen, so sind die auf den Anmischblock gegebenen Stränge unterschiedlich

dick (Temp bond, Varibond und Opotow), bzw. wenn die Tubenöffnungen einen großen Durchmesser haben (Varibond und Opotow) ist keine gleichmäßige Dosierung möglich.
Am einfachsten waren die Materialien Zinkoxid-Eugenol (Abwiegen) und Scutabond zu dosieren.

Als Empfehlung für den praktisch tätigen Zahnarzt kann gesagt werden, daß eine kritische Anwendung der provisorischen Befestigungsmaterialien im Sinne einer genauen Indikationsstellung den Erfolg seiner Therapie in einer Übergangszeit zu unterstützen hilft.

6. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurde die Zugfestigkeit provisorischer Befestigungszemente unter klinischen Bedingungen untersucht. Hierzu wurden die folgenden sechs Materialien verwendet:

1. Opotow
2. a) Temp bond ohne Modifier
   b) Temp bond mit Modifier
3. Scutabond
4. Zinkoxid-Eugenol
5. Varibond
6. Reocap temp

Die Prüfkörper waren Kunststoffstümpfe mit stilisierten Kronen in Prämolaren- und Molarenform, sowie plangeschliffene extrahierte Zähne mit kunststoffbeschichteten Metallstempeln zur Untersuchung der reinen Haftung.

Die Lagerung der mit den Materialien versehenen Testkörper erfolgte zum einen in Aqua destillata, zum anderen in einem künstlich hergestellten Speichel in einer Klimakammer. Die Lagerungszeit betrug eine Stunde, ein Tag, eine Woche und vier Wochen. Zur Trennung von Krone und Stumpf wurde eine Zugprüfmaschine benutzt.

Zwischen der Lagerung der Prüfkörper in Aqua destillata und künstlichem Speichel konnte in den Zugfestigkeitswerten kein großer Unterschied festgestellt werden.
Die Zugestigkeiten fast aller Materialien nahmen bis zu einem Tag Lagerungszeit zu und dann bis zu vier Wochen Lagerungszeit kontinuierlich ab.
Die höchsten Zugfestigkeitswerte wiesen die provisorischen Befestigungszemente Zinkoxid-Eugenol und Temp bond ohne

Modifier auf; bei diesen beiden Materialien war eine Abhängigkeit von der mechanischen Retention klar erkennbar.
Mittlere Werte erzielten die Materialien Varibond und Scutabond; konstant niedere Zugfestigkeiten zeigten Temp bond mit Modifier und Opotow.
Bei letzteren vier Materialien war keine deutliche Abhängigkeit von der mechanischen Retention der Prüfkörper vorhanden.
Bei Reocap temp wurde nur eine reine Haftungsuntersuchung durchgeführt, da es die höchsten Zugfestigkeitswerte erreichte und somit zu einer Zerstörung der Prüfkörper führte.

Für die Praxis kann aus dieser Untersuchung die Indikationsstellung der einzelnen provisorischen Befestigungszemente herausgearbeitet werden. Zum Befestigen provisorischer Kronen und Brücken, die zumeist geringe Friktion aufweisen, sollte ein Material mit einer höheren Zugfestigkeit (z.B. Temp bond ohne Modifier, Zinkoxid-Eugenol) Verwendung finden.
Zum provisorischen Einsetzen einer definitiven prothetischen Arbeit sollte ein Material mit einer geringeren Zugfestigkeit, wie z.B. Temp bond mit Modifier oder Opotow benützt werden.
Eine problemlose Entfernbarkeit der Arbeit nach einer angemessenen Tragezeit kann dann gewährleistet werden.

7. LITERATURVERZEICHNIS

1. BRÄNNSTRÖM, M., BILLBERG, B.: Pulp changes beneath temporary fillings with pharmatec and zinc-oxid-eugenol. Comparativ histologic study. Odont. Revy 18, 17 - 26 (1967)

2. BRAUER, G.M.: Zinkoxid-Eugenol als zahnärztlicher Werkstoff. Dtsch. zahnärztl. Z. 31, 824 - 834 (1976)

3. DAHL, B.L., OSTRAVIK, J.: Cytotoxicity of temporary crown and bridge materials. J. oral Rehab. 3, 341 - 347 (1976)

4. FREESMEYER, W.B., HAMBROK, H.J.: Vergleichende Untersuchungen zur Haftfestigkeit temporärer Befestigungsmaterialien. Dtsch. zahnärztl.Z. 34, 241 - 244 (1979)

5. GILSON, T.D., MYERS, G.E.: Clinical Studies of Dental Cements: I Five Zinc Oxide-Eugenol Cements. J. dent. Res. 47, 737 - 741 (1968)

6. GILSON, T.D., MYERS, G.E.: Clinical Studies of Dental Cements: II Further Investigation of Two Zinc Oxide-Eugenol Cements for Temporary Restorations. J. dent. Res. 48, 366 - 367 (1969)

7. GILSON, T.D., MYERS, G.E.: Clinical Studies of Dental Cements: III Seven Zinc Oxide-Eugenol Cements Used for Temporarily Cementing Completed Restorations. J. dent. Res. 49, 14 - 20 (1970)

8. KLÖTZER, W.T.: Tierexperimentelle Prüfung von Materialien und Methoden der Kronen- und Brückenprothetik.
Habil. - Schrift, Tübingen (1971)

9. KOCH, G., MAGNUSSON, B., NYQUIST, G.: Contact allergy to medicaments and materials used in dentistry II.
Odont. Revy 22, 275 - 289 (1971)

10. SCHMALZ, G.: Die Gewebeverträglichkeit zahnärztlicher Materialien.
Thieme Copythek, Stuttgart, 88 und 116 (1981)

11. SCHWICKERATH, H.: Provisorische Befestigungsmaterialien.
Zahnärztl. Welt 19, 897 - 899 (1978)

12. SCHWICKERATH, H.: Werkstoffe in der Zahnheilkunde.
Quintessenz Verlag, Berlin, 18 und 63 (1977)

13. ZWICK UND CO. KG: Bedienungsanleitung der Zugprüfmaschine.
Einsingen bei Ulm (1964)

8. ANHANG

Tab. 1: Ergebnisse in Mittelwert, Standardabweichung und Varianzen bei 1 Stunde Lagerung in Aqua destillata und in künstlichem Speichel

A = Aqua destillata Sp = künstlicher Speichel

		OPOTOW	TEMP-BOND ohne Mod.	TEMP-BOND mit Mod.	SCUTABOND	ZINKOXID-EUGENOL	VARIBOND	REOCAP TEMP
PRÄMOLAR	A	21,58± 3,32 9,65	63,20±20,85 386,44	14,94± 3,14 8,63	25,46± 4,21 15,53	82,74±15,17 201,48	56,91±14,17 175,60	
	Sp	34,43±14,84 195,66	42,16± 9,64 81,34	35,53± 7,78 52,98	20,40± 2,73 6,64	121,33±19,97 354,45	37,74±14,56 185,46	
MOLAR	A	26,09± 5,99 32,38	103,67±15,90 224,30	19,29± 2,15 4,15	25,27± 3,07 8,36	169,33±10,91 105,72	57,39± 9,97 88,38	
	Sp	34,03± 4,54 18,57	152,48±33,30 985,54	14,34± 1,31 1,52	27,50± 5,64 28,31	161,25±14,50 189,26	38,08±10,46 97,34	
EXTRA-HIERTE ZÄHNE	A	4,53± 1,13 1,13	8,10± 1,96 3,41	5,58± 1,49 1,96	6,04± 0,97 0,83	6,52± 1,32 1,55	30,25±12,80 143,38	8,5± 3,19 8,90
	Sp	3,10± 1,19 1,24	2,41± 0,84 0,63	2,10± 0,61 0,33	3,77± 1,34 1,60	11,81± 5,72 28,62	13,43± 2,33 4,81	15,58±4,65 18,88

Tab. 2: Ergebnisse in Mittelwert, Standardabweichung und Varianzen bei 1 Tag Lagerung in Aqua destillata und in künstlichem Speichel

A = Aqua destillata Sp = künstlicher Speichel

		OPOTOW	TEMP BOND ohne Mod.	TEMP BOND mit Mod.	SCUTABOND	ZINKOXID-EUGENOL	VARIBOND	REOCAP TEMP
PRÄMOLAR	A	30,97±13,00 150,24	83,68±13,10 150,12	18,42± 3,52 11,02	23,34± 6,90 41,62	65,99±24,41 521,43	74,10±16,00 224,03	
	Sp	16,67± 2,85 7,30	51,66±37,80 1224,72	33,33± 7,53 49,62	24,23± 8,15 58,18	110,91±49,11 2110,56	72,88±18,00 283,44	143,03±45,19 1786,48
MOLAR	A	13,92± 4,03 14,41	125,13±31,42 863,61	12,20± 1,72 2,63	41,74±10,70 100,10	103,53±29,21 758,49	67,38±10,82 102,35	
	Sp	22,08± 4,74 19,88	135,63±50,78 2291,63	14,54± 3,85 13,16	37,18± 4,57 18,57	183,71±18,76 316,64	100,76±33,03 969,51	187,45±14,43 187,27
EXTRA-HIERTE ZÄHNE	A	2,06± 1,28 1,44	6,92± 1,88 3,13	3,40± 1,45 1,88	2,23± 1,37 1,65	2,20± 0,57 0,29	5,59± 1,21 1,31	19,58± 8,74 67,94
	Sp	1,64± 0,82 0,59	2,08± 0,63 0,35	2,10± 0,78 0,53	2,13± 0,60 0,32	1,16± 0,74 0,48	7,18± 2,28 4,54	3,94± 1,64 2,40

Tab. 3: Ergebnisse in Mittelwert, Standardabweichung und Varianzen bei 1 Woche Lagerung in Aqua destillata und in künstlichem Speichel

A = Aqua destillata Sp = künstlicher Speichel

		OPOTOW	TEMP BOND ohne Mod.	TEMP BOND mit Mod.	SCUTABOND	ZINKOXID-EUGENOL	VARIBOND	REOCAP TEMP
PRÄMOLAR	A	22,45± 6,75 39,91	55,58± 9,37 76,85	15,54± 5,35 25,39	36,50± 6,28 34,54	79,94±13,66 163,34	61,98±10,60 98,27	
	Sp	21,41± 8,51 64,37	48,31±24,37 527,83	7,27± 2,35 4,91	21,67± 4,63 19,28	129,53±42,67 1618,29	89,80± 8,38 62,48	
MOLAR	A	24,51±12,96 147,01	133,09±35,59 1108,08	20,59± 8,13 58,76	55,20±12,57 140,43	106,56±36,36 1156,55	62,12±15,83 222,80	
	Sp	9,10± 1,53 2,08	90,38±24,06 514,49	7,56± 2,53 5,78	36,56±14,44 187,69	167,35±30,87 834,45	73,00±33,45 979,06	
EXTRA-HIERTE ZÄHNE	A	1,41± 0,43 0,17	3,00± 1,91 3,25	4,79± 2,18 4,21	0,70± 0,50 0,22	1,50± 0,59 0,31	2,18± 1,53 2,05	3,83± 0,94 0,78
	Sp	2,18± 1,26 1,40	2,59± 0,69 0,43	1,66± 0,32 0,09	1,70± 0,73 0,42	1,81± 0,69 0,43	3,68± 1,41 1,76	2,86± 0,86 0,63

Tab. 4: Ergebnisse in Mittelwert, Standardabweichung und Varianzen bei 4 Wochen Lagerung in Aqua destillata und in künstlichem Speichel

A = Aqua destillata Sp = künstlicher Speichel n.a. = nicht auswertbar

		OPOTOW	TEMP BOND ohne Mod.	TEMP BOND mit Mod.	SCUTABOND	ZINKOXID-EUGENOL	VARIBOND	REOCAP TEMP
PRÄMOLAR	A	12,70± 4,08 14,57	49,00±24,33 517,97	11,53± 4,27 15,95	28,18± 6,90 41,67	51,68±16,54 239,38	56,89±10,90 103,99	
	Sp	16,23±10,25 93,40		6,67± 2,34 4,87				
MOLAR	A	37,87± 9,21 75,50	71,60±20,68 38,16	26,26± 4,27 16,17	50,54± 6,88 42,11	89,56±24,83 539,59	49,53±13,14 153,45	
	Sp	10,73± 2,76 6,76		10,71± 3,00 7,89				
EXTRA-HIERTE ZÄHNE	A	2,22± 0,72 0,46	5,44± 1,46 1,91	1,95± 0,66 0,38	1,76± 1,40 1,57	0,20± 0,12 0,01	3,23± 1,37 1,69	n.a.
	Sp	n.a.		0,74± 0,68 0,41				

Tab. 5: F-Test der Ergebnisse aller Materialien für 1 Stunde Lagerung bei Prämolaren
A = Aqua destillata S = künstlicher Speichel n.s. = nicht signifikant

	OPOTOW		TEMP BOND ohne Mod.		TEMP BOND mit Mod.		SCUTABOND		ZINKOXID-EUGENOL		VARIBOND	
	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S
OPOTOW			1 %				n.s.		1 %	n.s.	1 %	
TEMP BOND ohne Mod.		n.s.								5 %		n.s.
TEMP BOND mit Mod.	n.s.	5 %	1 %	n.s.			n.s.		1 %	1 %	1 %	5 %
SCUTABOND		1 %	1 %	1 %		1 %			1 %	1 %	1 %	1 %
ZINKOXID-EUGENOL			n.s.									
VARIBOND		n.s.	n.s.						n.s.	n.s.		

Tab. 6: F-Test der Ergebnisse aller Materialien für 1 Stunde Lagerung bei Molaren
A = Aqua destillata S = künstlicher Speichel n.s. = nicht signifikant

	OPOTOW		TEMP BOND ohne Mod.		TEMP BOND mit Mod.		SCUTABOND		ZINKOXID-EUGENOL		VARIBOND	
	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S
OPOTOW			1 %	1 %				n.s.	n.s.	1 %	n.s.	5 %
TEMP BOND ohne Mod.												
TEMP BOND mit Mod.	1 %	1 %	1 %	1 %			n.s.	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %
SCUTABOND	5 %		1 %	1 %					1 %	1 %	1 %	5 %
ZINKOXID-EUGENOL			n.s.	5 %								
VARIBOND			n.s.	1 %					n.s.	n.s.		

Tab. 7: F-Test der Ergebnisse aller Materialien für 1 Stunde Lagerung bei extrahierten Zähnen
A = Aqua destillata S = künstlicher Speichel n.s. = nicht signifikant

	OPOTOW		TEMP BOND ohne Mod.		TEMP BOND mit Mod.		SCUTABOND		ZINKOXID-EUGENOL		VARIBOND		REOCAP TEMP	
	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S
OPOTOW			n.s.		n.s.			n.s.	n.s.	1 %	1 %	5 %	1 %	1 %
TEMP BOND ohne Mod.		n.s.						n.s.		1 %	1 %	1 %	n.s.	1 %
TEMP BOND mit Mod.		5 %	n.s.	n.s.				5 %		1 %	1 %	1 %	5 %	1 %
SCUTABOND	n.s.		5 %		n.s.				n.s.	1 %	1 %	n.s.	1 %	1 %
ZINKOXID-EUGENOL			n.s.		n.s.						1 %		5 %	
VARIBOND										5 %				5 %
REOCAP TEMP										n.s.	1 %			

Tab. 8: F-Test der Ergebnisse aller Materialien für 1 Tag Lagerung bei Prämolaren
A = Aqua destillata S = künstlicher Speichel n.s. = nicht signifikant

	OPOTOW		TEMP BOND ohne Mod.		TEMP BOND mit Mod.		SCUTABOND		ZINKOXID-EUGENOL		VARIBOND		REOCAP TEMP	
	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S
OPOTOW				1 %		1 %		1 %	5 %	1 %	n.s.	1 %		1 %
TEMP BOND ohne Mod.	n.s.								5 %	n.s.	n.s.			n.s.
TEMP BOND mit Mod.	1 %		1 %	1 %			5 %	n.s.	1 %	1 %	1 %	5 %		1 %
SCUTABOND	5 %		5 %	1 %					1 %	1 %	5 %	5 %		1 %
ZINKOXID-EUGENOL														
VARIBOND				5 %					n.s.	1 %				1 %
REOCAP TEMP										n.s.				

Tab. 9: F-Test der Ergebnisse aller Materialien für 1 Tag Lagerung bei Molaren
A = Aqua destillata S = künstlicher Speichel n.s. = nicht signifikant

	OPOTOW		TEMP BOND ohne Mod.		TEMP BOND mit Mod.		SCUTABOND		ZINKOXID-EUGENOL		VARIBOND		REOCAP TEMP	
	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S
OPOTOW			1 %	1 %			1 %		1 %	1 %	1 %	1 %		1 %
TEMP BOND ohne Mod.														
TEMP BOND mit Mod.	5 %	n.s.	1 %	1 %			1 %	n.s.	1 %	1 %	1 %	1 %		1 %
SCUTABOND		n.s.	1 %	1 %					1 %	1 %	n.s.	1 %		1 %
ZINKOXID-EUGENOL			n.s.	1 %								n.s.		
VARIBOND			1 %	n.s.					1 %					
REOCAP TEMP				1 %						n.s.		5 %		

Tab. 10: F-Test der Ergebnisse aller Materialien für 1 Tag Lagerung bei extrahierten Zähnen
A = Aqua destillata S = künstlicher Speichel n.s. = nicht signifikant

	OPOTOW		TEMP BOND ohne Mod.		TEMP BOND mit Mod.		SCUTABOND		ZINKOXID-EUGENOL		VARIBOND		REOCAP TEMP	
	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S
OPOTOW			n.s.		n.s.		n.s.					1 %	1 %	5 %
TEMP BOND ohne Mod.		n.s.				n.s.				n.s.		1 %	1 %	1 %
TEMP BOND mit Mod.		n.s.	n.s.									1 %	1 %	5 %
SCUTABOND		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.				n.s.		1 %	1 %	1 %
ZINKOXID-EUGENOL	5 %	n.s.	1 %		1 %	n.s.	5 %				5 %	1 %	1 %	5 %
VARIBOND	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.						1 %	
REOCAP TEMP												n.s.		

Tab. 11: F-Test der Ergebnisse aller Materialien für 1 Woche Lagerung bei Prämolaren
A = Aqua destillata S = künstlicher Speichel n.s. = nicht signifikant

	OPOTOW		TEMP BOND ohne Mod.		TEMP BOND mit Mod.		SCUTABOND		ZINKOXID-EUGENOL		VARIBOND	
	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S
OPOTOW			n.s.	1 %					5 %	1 %	n.s.	
TEMP BOND ohne Mod.									n.s.	n.s.	n.s.	
TEMP BOND mit Mod.	n.s.	1 %	n.s.	1 %			n.s.	5 %	1 %	1 %	5 %	1 %
SCUTABOND	n.s.	n.s.	n.s.						5 %	1 %	n.s.	n.s.
ZINKOXID-EUGENOL												
VARIBOND		n.s.		1 %					n.s.	1 %		

Tab. 12: F-Test der Ergebnisse aller Materialien für 1 Woche Lagerung bei Molaren

A = Aqua destillata S = künstlicher Speichel n.s. = nicht signifikant

	OPOTOW		TEMP BOND ohne Mod.		TEMP BOND mit Mod.		SCUTABOND		ZINKOXID-EUGENOL		VARIBOND	
	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S
OPOTOW			1 %	1 %		n.s.		1 %	1 %	1 %	n.s.	1 %
TEMP BOND ohne Mod.									n.s.	n.s.		n.s.
TEMP BOND mit Mod.	n.s.		1 %	1 %			n.s.	1 %	1 %	1 %	5 %	1 %
SCUTABOND	n.s.		1 %	n.s.					1 %	5 %	n.s.	5 %
ZINKOXID-EUGENOL												n.s.
VARIBOND			5 %						5 %			

Tab. 13: F-Test der Ergebnisse aller Materialien für 1 Woche Lagerung bei extrahierten Zähnen
A = Aqua destillata S = künstlicher Speichel n.s. = nicht signifikant

	OPOTOW		TEMP BOND ohne Mod.		TEMP BOND mit Mod.		SCUTABOND		ZINKOXID-EUGENOL		VARIBOND		REOCAP TEMP	
	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S
OPOTOW			1 %		1 %		n.s.		n.s.		1 %	n.s.	5 %	
TEMP BOND ohne Mod.		n.s.			n.s.							5 %		n.s.
TEMP BOND mit Mod.		1 %		5 %				5 %		5 %		1 %		1 %
SCUTABOND		n.s.	1 %	n.s.	1 %				n.s.	n.s.	1 %	5 %	5 %	n.s.
ZINKOXID-EUGENOL		n.s.	1 %	n.s.	1 %						1 %	5 %	n.s.	n.s.
VARIBOND			n.s.		n.s.									
REOCAP TEMP		n.s.	5 %		5 %						n.s.	n.s.		

Tab. 14: F-Test der Ergebnisse aller Materialien für 4 Wochen Lagerung bei Prämolaren
A = Aqua destillata S = künstlicher Speichel n.s. = nicht signifikant

	OPOTOW		TEMP BOND ohne Mod.		TEMP BOND mit Mod.		SCUTABOND		ZINKOXID-EUGENOL		VARIBOND	
	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S
OPOTOW			1 %		n.s.		n.s.		1 %		1 %	
TEMP BOND ohne Mod.												
TEMP BOND mit Mod.		1 %	1 %				n.s.		1 %		1 %	
SCUTABOND			1 %						5 %		n.s.	
ZINKOXID-EUGENOL			n.s.									
VARIBOND			5 %						n.s.			

Tab. 15: F-Test der Ergebnisse aller Materialien für 4 Wochen Lagerung bei Molaren
A = Aqua destillata S = künstlicher Speichel n.s. = nicht signifikant

	OPOTOW		TEMP BOND ohne Mod.		TEMP BOND mit Mod.		SCUTABOND		ZINKOXID-EUGENOL		VARIBOND	
	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S
OPOTOW			5 %			n.s.			1 %		n.s.	
TEMP BOND ohne Mod.									n.s.			
TEMP BOND mit Mod.	5 %		1 %				n.s.		1 %		1 %	
SCUTABOND	n.s.		1 %						1 %		5 %	
ZINKOXID-EUGENOL												
VARIBOND			n.s.						5 %			

Tab. 16: F-Test der Ergebnisse aller Materialien für 4 Wochen Lagerung bei extrahierten Zähnen

A = Aqua destillata S = künstlicher Speichel n.s. = nicht signifikant

	OPOTOW		TEMP BOND ohne Mod.		TEMP BOND mit Mod.		SCUTABOND		ZINKOXID-EUGENOL		VARIBOND	
	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S
OPOTOW			5 %				n.s.				5 %	
TEMP BOND ohne Mod.												
TEMP BOND mit Mod.	n.s.		5 %				5 %				5 %	
SCUTABOND			n.s.								n.s.	
ZINKOXID-EUGENOL	1 %		1 %		1 %		1 %				1 %	
VARIBOND			n.s.									

DANKSAGUNG

Besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr.E. Körber
für die Überlassung des Themas dieser Arbeit.

Herzlichen Dank an Herrn Oberarzt Dr. Wolfgang B.
Freesmeyer für seine Unterstützung und Betreuung,
die die Durchführung dieser Arbeit sehr erleichterte.

Für die Bereitstellung der Zugprüfmaschine sei
der Westdeutschen Gerberschule in Reutlingen
gedankt.

Danken möchte ich besonders Herrn List von der
Westdeutschen Gerberschule in Reutlingen für die
freundliche Unterstützung während der Versuchs-
durchführung.

LEBENSLAUF

Am 11. Mai 1956 wurde ich, Elke Vietor, als Tochter des Zahnarztes Horst-Georg Vietor und dessen Ehefrau Dora Vietor, geborene Mühlhause, in Langen, Kreis Offenbach geboren.

Nach dem Besuch der Grundschule von April 1963 bis Oktober 1966 wechselte ich am 1. November 1966 in das Dreieich-Gymnasium in Langen über. Dort erlangte ich am 5. Mai 1975 die allgemeine Hochschulreife.

Da ich nicht sogleich die Zulassung zum Studium der Zahnheilkunde erhielt, legte ich am 10. März 1976 die Prüfung als Zahnarzthelferin ab, wozu ich gemäß § 40 Berufsbildungsgesetz zugelassen war.

Im Sommersemester 1976 nahm ich das Studium der Zahnheilkunde an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen auf. Hier legte ich am 3. März 1977 die naturwissenschaftliche Vorprüfung für Zahnärzte ab. Die zahnärztliche Vorprüfung bestand ich am 13. Oktober 1978. Die Bestallung zur Zahnärztin erhielt ich am 15. Juni 1981.

Vom 1. Juli 1981 bis 30. September 1981 arbeitete ich als Assistenzzahnärztin in der Praxis meines Vaters in Langen.

Seit dem 1. Oktober 1981 bin ich als wissenschaftliche Angestellte in der prothetischen Abteilung des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten in Tübingen tätig.